SNI

SNI 04-1927-1990

Standar Nasional Indonesia

Pemutus tenaga arus bolak-balik tegangan tinggi bagian-bagian nilai pengenal

ICS 29.120.60

Badan Standardisasi Nasional BSN

SLI 084 - 1987
a. 063

STANDAR LISTRIK INDONESIA

Pemutus Tenaga Arus Bolak-Balik Tegangan Tinggi Bagian-Bagian Nilai Pengenal

DEPARTEMEN PERTAMBANGAN DAN ENERGI
DIREKTORAT JENDERAL LISTRIK DAN ENERGI BARU
J A K A R T A

KATA PENGANTAR

Penerbitan buku standar yang berjudul :

"Pemutus Tenaga Arus Bolak Balik Tegangan Tinggi; Bagian : Nilai Pengenal" ini dimaksud untuk dipakai oleh para produsen yang membuat berbagai Perlengkapan Hubung Bagi peralatan Pemutus Tenaga Arus Bolak Balik, yang dirancang untuk pemakaian di dalam gedung maupun di luar gedung dengan tegangan di atas 1000 volt pada frekwensi sampai dengan 60 Hz.

Tujuannya ialah untuk meningkatkan produksi dalam negeri dalam memberikan pelayanan kebutuhan para konsumen dalam negeri akan peralatan tersebut, dan juga sekaligus sebagai langkah menuju ke program industrialisasi dalam pelayanan ekspor non-migas bidang peralatan listrik.

Dengan demikian maka frekwensi 60 Hz distandarkan dalam naskah ini, di samping standar nasional frekwensi 50 Hz. Hal tersebut dimaksudkan untuk memberi pelayanan bagi peralatan yang diekspor ke negara yang memerlukannya.

Naskah dalam standar ini adalah hasil perumusan yang diadopsi dari IEC Publication 56 oleh Kelompok Kerja dengan anggota masing-masing.

Wiryanto Kuswinar	- APPI
Ir. Nasrun	- AKLI
Ir. Karel Pypaert	- APPI
Budiarto B.E.	- PLN
Ir. Tri Boesono	- D.J.L
Ir. Johan Mas Inaray	- PLN
Ir. M. Ridwan S.	- D.J.L

Yang mana Kelompok Kerja tersebut adalah bagian dari Panitia Teknik Perlengkapan Hubung Bagi Periode 1986 - 1989, Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru, Departemen Pertambangan dan Energi Republik Indonesia dengan anggota masing-masing sebagai berikut:

R. Sri Rahadi	Pertamina 3	- Ketua
Ir. Rachmad Sudirjo	APPI	- Wakil Ketua
Ir. Sumaryanto	D.J.L	- Sekretaris I
Ir. Sahala T. Sinaga	PLN	- Sekretaris II
Ir. Bambang Sukotjo	D.J.L	- Anggota
Ir. Tri Boesono	D.J.L	- Anggota
Ir. Suwarno Suardjo	BPPT	- Anggota
Masgunarto Budiman Msc	PLN	- Anggota
Ir. Bambang Hermawanto	PLN	- Anggota
Ir. Johan Mas Inaray	PLN	- Anggota
Budiharto B.E.	PLN	- Anggota
Drs. Noeswantoro	PLN	- Anggota
Ir. Indra Tjahya	PLN	- Anggota
Ir. Yoshar Anwar	Pertamina	- Anggota
Ir. Syamsul Bahri Yusuf	USAKTI	- Anggota

Ir. Karl Pypaert	APPI	- Anggota
Wiryanto Kuswinar	APPI	- Anggota
Ir. Nasrun	AKLI	- Anggota
Ir. Soekarno	AKLI	- Anggota
Ir. Soenarto	PT. ENCONA	- Anggota
Ir. Soedibyono	PT. ENCONA	- Anggota
Ir. Rosihan Adriani	PT. REKAYASA IND	- Anggota
Ir. M. Ridwan S.	D.J.L	- Anggota

Naskah tersebut ditetapkan sebagai standar kelistrikan Indonesia oleh Sidang Forum Musyawarah Ketenagalistrikan Nasional, komisi Perlengkapan Hubung Bagi tanggal 30 Maret 1988 yang dipimpin oleh:

R. Sri Rahadi	Pertamina	- Selaku Ketua
Wiryanto Kuswinar	APPI	- Selaku Penyaji
Ir. Sumaryanto	D.J.L	- Selaku Pelapor

Dan disyahkan sebagai SLI $\frac{084 - 1987}{a.\ 063}$ dengan judul "Pemutus Tenaga Arus Bolak Balik Tegangan Tinggi; Bagian: Nilai Pengenal" yang merupakan bagian dari standar "Pemutus Tenaga Bolak Balik Tegangan Tinggi" secara menyeluruh, dengan Surat Keputusan Menteri Pertambangan & Energi No. 1321 K/09/M.PE/1983 tanggal 15 Oktober 1988.

Dengan diterbitkannya standar ini Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru yang mengelola kegiatan Standardisasi listrik berdasarkan Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi tentang standar Listrik Indonesia No. 02/P/M Pertamben/1983, dan sebagai Instansi teknis yang turut serta dalam Dewan Standardisasi Nasional (SK Presiden No. 20 tahun 1984) telah melangkah lebih jauh lagi.

Kepada seluruh masyarakat teknik (para produsen, penyalur, pemakai & penguji) diharapkan saran-saran dan masukan yang berguna sekali bagi proses "Updating" standar yang selalu mengikuti perkembangan Teknologi terakhir.

Jakarta, ... 1988
DIREKTUR JENDERAL LISTRIK DAN ENERGI BARU

ttd.

Prof. Dr. A. Arismunandar
NIP. 110008554

PEMUTUS TENAGA ARUS BOLAK BALIK TEGANGAN TINGGI
BAGIAN-BAGIAN NILAI PENGENAL

1. KARAKTERISTIK PENGENAL

Karakteristik dari pemutus tenaga, termasuk peralatan operasi dan perlengkapan bantunya yang harus digunakan untuk menentukan nilai pengenal adalah sebagai berikut :

1.1 Karakteristik pengenal yang ditentukan untuk semua pemutus tenaga

a). Tegangan pengenal
b). Tingkat isolasi pengenal
c). Frekuensi pengenal
d). Arus normal pengenal
e). Arus pemutusan hubung singkat pengenal
f). Tegangan pulih transien pengenal untuk gangguan pada terminal
g). Arus penutupan hubung singkat pengenal
h). Urutan operasi pengenal.

1.2 Karakteristik pengenal dalam hal-hal khusus, ditunjukkan di bawah ini:

a). Karakteristik pengenal untuk gangguan saluran pendek, untuk pemutus tenaga tiga kutub didesain untuk hubungan langsung pada transmisi saluran udara, pada tegangan pengenal 52 kV atau lebih, dan pada arus pemutusan hubung singkat pengenal yang lebih besar dari 12,5 kA.

b). Lamanya hubung singkat pengenal, untuk pemutus tenaga yang tidak dilengkapi dengan arus lebih langsung.

c). Arus pemutusan pengisian saluran pengenal (line charging) untuk pemutus tenaga tiga kutup yang dimaksudkan untuk switsing transmisi saluran udara pada tegangan pengenal 72,5 kV ke atas.

d). Tegangan suplai pengenal pembuka dan penutup pengenal pembuka dan penutup bila digunakan lengkapan tersebut.

e). Frekuensi suplai pengenal dari peralatan pembuka dan penutup bila menggunakan lengkapan tersebut.

f). Tekanan pengenal dari suplai gas bertekanan untuk operasi dan pemutusan, bila menggunakan lengkapan tersebut.

1.3 Karakteristik pengenal yang diberikan atas permintaan

a). Arus pemutusan fase tidak serempak pengenal.

b). Arus pemutusan pengisian kabel pengenal (cable charging).

c). Arus pemutusan kapasitor (tunggal) pengenal.

d). Arus pemutusan induktif rendah (small inductive) pengenal.

e). Tegangan suplai pengenal dari sirkit bantu.

f). Frekuensi suplai pengenal dari sirkit bantu.

2. TEGANGAN PENGENAL

Tegangan pengenal dari pemutus tenaga menunjukkan batas atas dari tegangan sistem tertinggi di mana pemutus tenaga tersebut digunakan (lihat IEC Publikasi 38, IEC Tegangan standar)

Tegangan pengenal dari pemutus tenaga tiga kutub harus dipilih dari daftar niiai standar salah satu di bawah ini:

2.1 Untuk Tegangan Pengenal 72,5 kV ke bawah.

Seri I : 3,6; 7,2; 12; 17,5; 24; 36; 52; 72,5.
Seri II : 4,76; 8,25; 15; 15,5; 25,8; 38; 48,3; 72,5
Seri I : 50 Hz dan 60 Hz
Seri II : 60 Hz, berdasarkan kebiasaan umum yang berlaku di Amerika dan Canada.

2.2 Untuk Tegangan Pengenal di atas 72,5 kV.

100; 123; 145; 170; 245; 362; 420; 525; 765.

3. TINGKAT ISOLASI PENGENAL

Tingkat isolasi pengenal dari pemutus tenaga harus dipilih dari nilai-nilai yang tercantum dalam tabel I, II, III, IV.

Nilai tegangan ketahanan dalam tabel I, II, III, IV, diterapkan pada atmosfir acuan standar (suhu, tekanan dan kelembaban) seperti yang diisyaratkan dalam publikasi 60-1, ayat 10-2.

3.1 Tegangan pengenal sampai dengan 7,5 kV.

Dalam tabel I dan II, diberikan dua seri; Seri I (Tabel I) berdasarkan penerapan pada kebanyakan Negara Eropa dan beberapa negara lain.

Seri II (Tabel II) terutama berdasarkan penerapan di USA dan CANADA.

Tabel I

Seri I (berdasarkan penerapan sampai dengan saat ini disebagian besar negara Eropa dan beberapa negara lain).

Tegangan Pengenal U	Tegangan ketahanan impuls petir pengenal		Tegangan ketahanan satu menit dalam frekuensi daya pengenal. (kV Efektif)
	Daftar I kV puncak	Daftar 2 kV puncak	
1	2	3	4
3,6	20	40	10
7,2	40	60	20
12	60	75	28
17,5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70
52	250	250	95
72,5	325	325	140

Pemilihan antara daftar 1 dan 2, dilakukan berdasarkan tingkat tampak (degree of exposure) petir dan tegangan lebih switsing, jenis pembumian titik netral dan jenis alat pengaman tegangan lebih (bilamana dipergunakan).

Peralatan yang dirancang memenuhi daftar 1, cocok untuk instalasi sbb:

1. Dalam sistem dan instalasi industri yang tidak tersambung pada saluran udara:

   a) Dimana titik netralnya dibumikan dengan sistem langsung ataupun melalui impedans yang lebih rendah dibandingkan dengan kumparan peredam busur *). Alat pengaman surja, seperti diverter surja (surge diverter) umumnya tidak diperlukan.

   b) Dimana titik netralnya dibumikan melalui kumparan peredam busur dan dilengkapi dengan pengaman tegangan lebih yang memadai dalam sistem khusus, misalnya jaringan kabel yang dapat diperluas perlu dilengkapi diverter surja yang mampu mengosongkan muatan kapasitip dari kabel tersebut.

2. Dalam sistem dan instalasi industri yang tersambung pada saluran udara hanya melalui transformator yang kabel dan kapasitor tambahannya sekurang-kurangnya 0,005 uF; terpasang antara terminal-terminal tegangan rendah transformator dengan tanah, pada sisi transformator dari perlengkapan hubung bagi dan sedekat mungkin dengan terminal transformator.
   Hal ini mencakup kasus-kasus :

   a) Dimana titik netralnya dibumikan langsung atau melalui impedans yang rendah dibandingkan dengan kumparan peredam busur.
      Pengaman tegangan lebih seperti diverter surja, mungkin diperlukan.

   b) Dimana titik netralnya dibumikan melalui kumparan peredam busur dan dilengkapi pengaman tegangan lebih yang memadai berupa diverter surja.

3. Dalam sistem dan instalasi industri listrik yang tersambung langsung pada saluran udara.

   a) Dimana titik netralnya dibumikan baik secara langsung maupun melalui suatu impedans yang relatif rendah bila dibandingkan dengan suatu kumparan peredam busur dan dilengkapi pengaman tegangan lebih yang memadai berupa celah loncatan (spark-gap) atau diverter surja, tergantung amplitudo dan frekwensi dari tegangan lebih yang mungkin terjadi.

   b) Dimana titik netralnya dibumikan melalui suatu kumparan peredam surja.

3.2 Tegangan pengenal dari 100 kV sampai 245 kV

Tegangan harus dipilih dari nilai-nilai yang tercantum dalam tabel III dengan menerapkan tegangan ketahanan impuls petir dan tegangan ketahanan dalam frekwensi daya pada lajur yang sama.

Pemilihan tegangan ketahanan di antara nilai-nilai alternatif untuk tegangan pengenal yang sama, lihat IEC Publikasi 71.

Tabel III
Tegangan Pengenal 100 kV s/d 245 kV

Tegangan Pengenal kV (Effektif)	Tegangan ketahanan impuls petir pengenal kV (Puncak)	Tegangan ketahanan satu menit dalam frekuensi daya pengenal kV (Efektif)
1	2	3
100	380	150
	450	185
123	450	185
	550	230
145	550	230
	650	275
170	650	275
	750	325
245	850	360
	950	395
	1050	460

3.3 Tegangan Pengenal 300 kV ke atas

Tegangan harus dilihat dari nilai-nilai yang tercantum dalam tabel IV dengan menerapkan nilai tegangan ketahanan impuls petir dan tegangan ketahanan switsing pada lajur yang sama.

Pemilihan tegangan ketahanan diantara nilai altenatif untuk tegangan pengenal yang sama, lihat IEC Publikasi 71.

Tabel IV
Tegangan Pengenal 300 kV ke atas

Tegangan Pengenal (kV Efektif)	Tegangan Ketahanan Impuls Petir Pengenal kv (Puncak)	Tegangan Ketahanan Impuls Switsing Pengenal kV (Puncak)	
		Ke bumi	antara kutub-2 pemutus tenaga terbuka
1	2	3	4
300	950	750	
	1050	850	850
	1050	850	
362	1175	950	950
	1300	950	
420	1425	1050	1050
	1425	1050	
525	1550	1175	1175
	1800	1300	
765	2100	1425	1550

4. FREKUENSI PENGENAL

Frekuensi pengenal dari pemutus tenaga adalah frekuensi kerja yang didesain untuk pemutus tenaga tersebut dan berkaitan dengan karakteristik pengenal lainnya.

Frekuensi pengenal untuk pemutus tenaga tiga kutub adalah 50 Hz atau 60 Hz.

5. ARUS NORMAL PENGENAL

Arus normal pengenal dari pemutus tenaga adalah nilai arus efektif yang harus mampu disalurkan oleh pemutus tenaga terus menerus tanpa menurunkan unjuk kerjanya, pada frekuensi pengenal dengan kenaikan suhu pada berbagai bagian, tidak melebihi nilai yang disyaratkan dalam tabel V.

Nilai arus normal pengenal harus dipilih berdasarkan nilai standar sebagai berikut: 400; 630; 800; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300 A.

Catatan :

Nilai di atas dipilih berdasarkan seri R.10 dan bila diperlukan nilai yang lebih tinggi daripada yang tertera di atas harus dipilih berdasarkan seri ini. Bila pemutus tenaga dipasang dengan suatu lengkapan yang dihubungkan seri, misalnya pelepas arus lebih langsung, arus normal pengenal dari lengkapan adalah nilai arus rms lengkapan tersebut yang mampu disalurkan secara terus menerus tanpa menurunkan unjuk kerjanya pada frekuensi pengenal dengan kenaikan suhu tidak melebihi nilai yang disyaratkan dalam tabel V.
Transformator arus harus memenuhi IEC Publikasi 185 : Transformator Arus (Pasal dua, ayat 4).

6. ARUS PEMUTUSAN HUBUNG SINGKAT PENGENAL

Arus pemutusan hubung singkat pengenal adalah arus hubung singkat tertinggi yang harus mampu diputus oleh pemutus tenaga dalam kondisi pemakaian, dan perilaku yang telah dijelaskan dalam rekomendasi ini dalam suatu sirkit yang mempunyai tegangan pulih pada frekuensi kerja yang berkaitan dengan tegangan pengenal pemutus tenaga, dan mempunyai tegangan pulih transien setara dengan nilai pengenal yang diisyaratkan dalam ayat 7.

Bila dapat diterapkan, ketentuan dari ayat 8 tentang gangguan saluran pendek harus diperhitungkan.

Karakteristik arus pemutusan hubung singkat pengenal ditentukan oleh dua nilai:

– Nilai efektif komponen arus bolak balik, atau disebut "Arus hubung singkat pengenal" dan,

– Prosentasi nilai komponen arus searah.

Penentuan komponen arus bolak-balik dan arus searah, lihat gambar 1 hal. 24.

Pemutus tenaga harus mampu memutus setiap arus hubung singkat sampai batas arus pemutusan hubung singkat pengenalnya, yang terdiri dari komponen arus bolak balik sampai batas nilai pengenalnya dan prosentasi nilai komponen arus searah sampai batas yang diisyaratkan.

Hal-hal berikut ini diterapkan pada pemutus tenaga standar.

i). Pada tegangan di bawah tegangan pengenalnya pemutus tenaga harus mampu memutuskan arus pemutus hubung singkat pengenal.

Catatan :

Untuk pemutus tenaga dengan tegangan pengenal tidak lebih dari 72,5 kV yang arus pemutusan hubung singkat pengenal I, telah diuji pada 2 tegangan pengenal yang berbeda U, karakteristik menengah (intermediate) dapat ditentukan dengan menarik garis lurus antara dua titik nilai pengenal yang telah diuji tersebut dibuat grafik dengan skala logaritmis U, terhadap I.

Jika meragukan, harus dilakukan pengujian kebenaran interpolasi di atas.

ii) Pada tegangan di atas tegangan pengenal, tidak ada arus pemutusan yang dijamin kecuali untuk syarat tambahan yang diberikan pada ayat 12.

Tabel V
Batas suhu dan kenaikan suhu berbagai bagian, bahan dan Dielektrik Peralatan Switsing tegangan Tinggi.

Sifat-sifat dari bagian, banan dan dielektrik (lihat catatan 1, 2 & 3)	Nilai tertinggi	
	Suhu (°C)	Kenaikan suhu pada suhu sekitar tidak lebih 40°C (K)
1. Kontak (lihat catatan 4)		
Tembaga Telanjang dan campuran telanjang.		
– di udara	75	35
– dalam SF6 (sulphur hexafluorida)	90	50
–, dalam minyak	80	40
Dilapis perak atau nikel (lihat catatan 5)		
– di udara	105	65
– dalam SF6	105	65
– dalam minyak	90	50
Dilapis Timah (lihat catatan 5 & 6)		
– di udara	90	50
– dalam SF6	90	50
– dalam minyak	90	50
2. Sambungan dengan baut atau sejenisnya (lihat catatan 7)		
Tembaga telanjang, tembaga campuran telanjang atau aluminium campuran telanjang.		
– di udara	90	50
– dalam SF6	105	65
– dalam minyak	100	60
Dilapis perak atau nikel		
– di udara	115	75
– dalam SF6	115	75
– dalam minyak	100	60
Dilapis Timah		
– di udara	105	65
– dalam SF6	105	65
– dalam minyak	100	60
3. Semua kontak atau sambungan yang terbuat dari logam telanjang atau yang dilapis dengan bahan lain.	(lihat catatan 8)	(lihat catatan 8)
4. Terminal untuk sambungan penghantar luar yang dihubungkan secara sekerup atau mur-baut (lihat catatn 9)		
– Telanjang	90	50
– dilapis perak, nikel atau timah	105	65

Tabel V (Lanjutan)

Sifat-sifat dari bagian, bahan dan dielektrik (lihat catatan 1, 2 & 3)	Nilai tertinggi	
	Suhu (°C)	Kenaikan suhu pada suhu sekitar tidak lebih 40°C (K)
– dilapis bahan lain	(lihat catatan 8)	(lihat catatan 8)
5. Minyak untuk peralatan switsing minyak (lihat catatan 10 & 11)	90	90
6. Bagian logam berfungsi sebagai pegas	(lihat catatan 12)	(lihat catatan 12)
7. Bahan yang digunakan sebagai bahan isolasi dan bagian logam Berhubungan dengan isolasi menurut kelas-kelas sebagai berikut (lihat catatan 13)		
– Y (untuk bahan yang tidak diinpregnasi)	90	50
– A (untuk bahan yang terendam minyak atau diimpregnasi)	100	60
– E	120	80
– B	130	90
– F	155	115
– Enamel = – dasar minyak	100	60
– bahan sintetis	120	80
– H	180	140
– C	(lihat catatan 14)	(lihat catatan 14)
8. Setiap bagian dari logam atau bahan isolasi yang berhubungan dengan minyak selain kontak-kontak	100	60

Catatan :

1. Sesuai dengan fungsinya, bagian yang sama dapat digolongkan dalam beberapa katagori dalam tabel IV. Dalam hal ini nilai suhu maksimum dan kenaikan suhu yang diperbolehkan adalah yang terendah di antara katagori-katagori tersebut.

2. Untuk peralatan switsing vakum, nilai suhu dan batas kenaikan suhu tidak berlaku bagi bagian yang berada dalam vakum.
   Bagian lainnya tidak boleh melebihi nilai suhu dan kenaikan suhu yang diberikan dalam tabel V.

3. Harus diperhatikan bahwa apabila terjadi kerusakan pada isolasi yang mengelilinginya tidak akan rusak karenanya.

4. Jika bagian kontak memiliki lapisan-lapisan yang berbeda maka suhu dan kenaikan suhu yang diijinkan dibatasi oleh suhu yang terendah di antara lapisan-lapisan tersebut menurut tabel V.

5. Kontak yang dilapisi harus berkwalitas sedemikian rupa sehingga lapisan pada permukaan kontak tidak terkelupas setelah:

   a) Pengujian buka tutup (jika ada)
   b) Pengujian ketahanan arus singkat
   c) Pengujian ketahanan mekanis

   Menurut spesifikasi yang sesuai untuk tiap peralatan.
   Jika tidak demikian, kontak harus dinyatakan telanjang (tanpa lapisan).

6. Untuk kontak pengaman lebur, kenaikan suhu sesuai dengan publikasi IEC untuk pengaman lebur tegangan tinggi.

7. Jika bagian-bagian sambungan memiliki lapisan yang berbeda, suhu dan kenaikan suhu yang diijinkan dibatasi suhu terendah diantara bagian-bagian tersebut menurut tabel V.

8. Jika yang dipakai adalah bahan lain selain yang tertera dalam tabel V, maka bahan tersebut diuji terlebih dahulu untuk menentukan kenaikan suhu maksimum yang diijinkan.

9. Nilai suhu dan kenaikan suhu berlaku sekalipun sambungan penghantar ke terminal itu telanjang.

10. Pada lapisan atas dari minyak.

11. Di dalam penggunaan minyak yang bertitik tembus rendah perlu dipertimbangkan secara khusus mengenai penguapan dan oksidasinya.

12. Suhu tidak boleh mencapai suatu nilai di mana sifat kekenyalan bahan menjadi terganggu.

13. Kelas bahan isolasi seperti berikut diberikan dalam IEC Publikasi 85.

    Kelas Y : Isolasi yang terdiri dari bahan atau kombinasi dari bahan sejenis katun, sutera dan kertas yang teresap atau tercelup (with out impregnation).
    Bahan lain dapat digolongkan ke dalam kelas Y apabila menurut pengalaman atau dalam pengujian yang lazim dapat menunjukkan mampu dalam operasi pada suhu kelas Y.

    Kelas A : Isolasi yang terdiri dari bahan atau kombinasi dari bahan sejenis katun, sutera dan kertas yang sesuai untuk diimpregnasi atau dilapisi atau bila direndam dalam cairan dielektrik sejenis minyak.
    Bahan dan kombinasi dari bahan lain dapat digolongkan ke dalam kelas ini. Apabila menurut pengalaman atau dalam pengujian yang lazim dapat menunjukkan kemampuan beroperasi pada suhu kelas A.

    Kelas E : Isolasi yang terdiri dari bahan atau kombinasi dari bahan yang mana menurut pengalaman atau dalam pengujian yang lazim dapat menunjukkan kemampuan beroperasi pada suhu kelas E.

Kelas B : Isolasi yang terdiri dari bahan atau kombinasi dari bahan sejenis mika, gelas fiber, asbes dan lain-lain.
Dengan persenyawaan zat yang sesuai, bahan lain atau kombinasi dari bahan yang tidak perlu anorganik, boleh digolongkan ke dalam kelas ini apabila menurut pengalaman atau dalam pengujian yang lazim dapat menunjukkan kemampuan beroperasi pada suhu kelas B.

Kelas F : Isolasi yang terdiri dari bahan atau kombinasi dari bahan sejenis mika, gelas fiber, asbes dengan persenyawaan zat yang sesuai. Bahan lain atau kombinasi dari bahan yang tidak perlu anorganik, boleh digolongkan ke dalam kelas ini apabila berdasarkan pengalaman atau dalam pengujian yang lazim dapat menunjukkan mampu dalam operasi suhu kelas F.

Kelas H : Isolasi terdiri dari bahan seperti; silikon elastomer dan campuran bahan seperti mika, gelas fiber, asbes dan lain-lain dengan bahan pengikat yang sesuai seperti resin silikon (appropriate silicon resin). Bahan lain atau campuran bahan dapat digolongkan dalam kelas ini apabila berdasarkan pengalaman atau lulus dalam pengujian atau bahan tersebut mampu beroperasi pada suhu kelas H.

Kelas C : Isolasi yang terdiri dari bahan atau campuran bahan seperti; mika, keramik, gelas dan kwarsa dengan maupun tanpa persenyawaan anorganik. Bahan lain atau campuran bahan dapat digolongkan dalam kelas ini apabila berdasarkan pengalaman atau lulus dalam pengujian dapat menunjukkan mampu beroperasi pada suhu di atas batas kelas H. Bahan-bahan khusus atau campuran bahan dalam kelas ini akan memiliki batas suhu yang tergantung dari jenis kimia dan peralatan listrik.

14. Dibatasi hanya dengan persyaratan tidak menimbulkan kerusakan apapun terhadap bagian-bagian disekitarnya.

6.1 Nilai efektif komponen arus bolak balik dari arus pemutusan hubung singkat pengenal harus dipilih dari nilai berikut:
6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 kA.

6.2 Prosentasi nilai komponen arus searah harus ditentukan sebagai berikut:

a). Untuk pemutus tenaga yang dapat ditripkan oleh arus hubung singkat tanpa bantuan dari suatu bentuk tenaga bantu, prosentasi komponen arus searah harus sesuai dengan selang waktu t, yang sama dengan waktu buka minimum dari pemutus tenaga.

b). Untuk pemutus tenaga yang dimaksudkan hanya dapat ditripkan oleh suatu tenaga bantu, prosentasi komponen arus searah harus sesuai dengan selang waktu t yang sama dengan waktu buka minimum dari pemutus tenaga, ditambah setengah periode dari frekwensi pengenal.

Waktu buka minimum tersebut di atas adalah waktu buka terpendek yang dapat dicapai pemutus tenaga dalam setiap kondisi kerja baik dalam suatu operasi pemutusan maupun dalam suatu siklus operasi buka – tutup.

Prosentasi nilai komponen arus searah tergantung pada selang waktu τ dan nilai standar yang diberikan dalam gambar 4 hal. 36.

Catatan :

Dalam pemakaian khusus, sebagai contoh bila pemutus tenaga dekat dengan generator, prosentasi komponen arus yang berkaitan dengan waktu buka pemutus tenaga, mungkin lebih besar dari nilai yang diberikan dalam gambar 4, yang diperoleh berdasarkan pengabaian adanya penurunan komponen arus bolak balik dari arus hubung singkat dan penurunan komponen arus searah secara eksponensiil sampai nilai 80% dalam 10 mili detik (ms), misalnya suatu waktu kira-kira 0,04 detik.

Dalam hal ini prosentasi komponen arus searah yang diperlukan, harus diisyaratkan dalam permintaan dan pengujiannya berdasarkan persetujuan antara pembuat dan pemakai.

7. TEGANGAN PULIH TRANSIEN PENGENAL UNTUK GANGGUAN PADA TERMINAL.

Tegangan pulih transien (TPT) untuk gangguan pada terminal sehubungan dengan arus pemutusan hubung singkat pengenal sesuai dengan ayat E, adalah tegangan referensi yang menentukan batas tegangan pulih transien yang diperkirakan akan terjadi pada sirkit di mana pemutus tenaga harus mampu beroperasi pada saat terjadi hubung singkat pada terminal-terminalnya.

7.1 Penggambaran gelombang tegangan pulih transien

Bentuk gelombang tegangan pulih transien bervariasi sesuai dengan susunan sirkit terpasang.

Pada beberapa kasus, khususnya di dalam sistim dengan tegangan yang lebih besar dari 100 kV, dan arus hubung singkatnya relatip lebih besar dari pada arus hubung singkat maksimum di titik yang ditinjau, tegangan pulih transiennya adalah merupakan gelombang dengan laju kenaikan yang tinggi pada periode awalnya, diikuti dengan gelombang dengan laju kenaikan yang rendah dan periode berikutnya. Gelombang jenis ini pada umumnya cukup digambarkan sebagai suatu selimut yang terdiri dari tiga ruas garis yang ditentukan oleh empat parameter.*)

Pada kasus lain, khususnya di dalam sistem dengan tegangan yang lebih kecil dari 100 kV, atau sistem dengan tegangan yang lebih besar dari 100 kV, dengan kondisi di mana arus hubung singkatnya relatip lebih kecil dari pada arus hubung singkat maksimum dan arus yang lewat transformator, tegangan pulih transiennya mendekati harga osilasi frekuensi tunggal terendam. Gelombang jenis ini digambarkan sebagai suatu selimut yang terdiri dari dua ruas garis yang ditentukan oleh dua parameter. *)

Penggambaran dengan dua parameter seperti di atas merupakan kejadian khusus dari penggambaran dengan empat parameter.

Pengaruh kapasitans lokal di sisi sumber pemutus tenaga, mengakibatkan laju kenaikan tegangan TPT yang lambat selama beberapa mikrodetik pertama. Hal ini dikenal sebagai waktu tunda.

---

*) Cara penggambaran selimut TPT akan dijelaskan pada publikasi IEC 56-4, Appendix D.

Hal ini menunjukkan bahwa setiap bagian gelombang TPT dapat mempengaruhi kemampuan memutuskan dari pemutus tenaga. Bagian paling awal dari TPT merupakan hal yang penting untuk beberapa jenis pemutus tenaga. Bagian dari TPT ini, dinamakan TPT awal (TPTA), yang terjadi karena osilasi awal dengan amplitudo kecil akibat pantulan pada titik diskontinuitas utama yang pertama sepanjang rel. TPTA terutama ditentukan oleh rel dan susunan saluran bay (bay line) pada gardu. TPTA merupakan gejala fisik yang serupa dengan gangguan saluran pendek. Dibanding dengan gangguan saluran pendek, puncak tegangan pertama TPTA agak rendah, tetapi waktu yang diperlukan untuk mencapai tegangan pertama tersebut berlangsung sangat singkat, dalam pada mikrodetik pertama sesudah arus mencapai nol. Oleh karena itu dampak suhu karena pemutusan dapat terpengaruh.

Jika pemutus tenaga mempunyai nilai pengenal untuk gangguan saluran pendek, gaya yang terjadi akibat TPTA sisi sumber digabung dengan gangguan pada terminalnya lebih rendah dari gaya akibat gangguan saluran pendek tanpa tunda waktu. Hal ini menunjukkan bahwa, gaya akibat TPTA sisi sumber digabungkan dengan gaya akibat TPT saluran pendek dengan tunda waktu, sebagai pertimbangan praktis, jumlah keseluruhan gaya adalah sama dengan gaya akibat saluran pendek tunda waktu. Oleh karena itu, jika pemutus tenaga mempunyai nilai pengenal gangguan saluran pendek, persyaratan TPTA sisi sumber dapat diabaikan jika uji gangguan saluran pendek dilakukan pada saluran tanpa tunda waktu.

Karena TPTA sebanding dengan impedans surja rel dan arus, persyaratan TPTA dapat diabaikan untuk perlengkapan hubung bagi berselungkup logam (PHB-berselungkup logam), sebab impedans surjanya kecil. Begitu pula untuk semua PHB yang mempunyai arus pemutusan pengenal yang lebih kecil dari 25 kA, persyaratan dapat diabaikan.

7.2 Penggambaran TPT pengenal Parameter-parameter berikut digunakan untuk menggambarkan TPT mengenal:

a) Kasus dengan empat parameter (lihat gbr. 3, hal. 35)
   - u_1 = tegangan referensi awal, dalam kilovolt;
   - t_1 = waktu untuk mencapai u_1, dalam mikrodetik;
   - u_c = tegangan referensi kedua (nilai puncak TPT), dalam kilovolt;
   - t_2 = waktu untuk mencapai u_c, dalam mikrodetik.

b). Kasus dengan dua parameter (lihat gbr. 4, hal. 36)
   - u_c = tegangan referensi (nilai puncak TPT), dalam kilovolt;
   - t_3 = waktu untuk mencapai u_c, dalam mikrodetik.

c). TPTA (lihat gambar 8 hal. 43)
Laju kenaikan TPTA tergantung pada arus hubung singkat pengenal dan amplitudonya tergantung pada jarak ke titik diskontinuitas pertama sepanjang rel. TPTA pengenal dinyatakan; pertama sebagai garis lurus yang menghubungkan titik pangkal ke titik (u_i, t_i); dan kedua sebagai garis lurus horizontal dari titik (u_i, t_i) ke perpotongan garis tunda TPT yang di titik A.

d) Waktu tunda TPT
Sebuah pemutus tenaga yang mempunyai waktu tunda pengenal t_d (ms). Pemutus tenaga tersebut harus mampu memutus di setiap sirkit di mana

gelombang TPT sekali memotong "garis tunda" dan tidak memotongnya lagi. Garis tunda berawal dari waktu tunda pengenal pada sumbu waktu dan sejajar dengan bagian pertama garis referensi dan berakhir pada di tegangan u' (koordinat waktu t')

7.3 Nilai standar TPT pengenal

Nilai standar TPT pengenal untuk pemutus tenaga tiga kutub dengan tegangan pengenal di bawah 100 kV, dibuat dengan menggunakan dua parameter. Nilai yang diberikan pada tabel VI A berlaku untuk tegangan pengenal seri I. Tabel VI B berlaku untuk tegangan pengenal Seri II masih dalam pertimbangan.

Untuk tegangan pengenal 100 kV ke atas, digunakan empat parameter. Nilai-nilai yang diberikan pada tabel VI C berlaku untuk faktor penyelesaian kutub pertama 1,3 untuk tegangan pengenal 100 kV s/d 170 kV. Tabel VI D memberikan nilai-nilai yang cocok dengan faktor penyelesaian kutub pertama 1,5 untuk tegangan pengenal 100 kV s/d 170 kV. Tabel VI E berlaku untuk nilai-nilai tegangan 245 kV ke atas.

Untuk arus pemutusan pengenal yang lebih besar dari 50 kA tegangannya 100 kV ke atas, untuk pertimbangan ekonomis diizinkan menggunakan pemutus tenaga dengan kemampuan yang lebih rendah sehubungan dengan laju kenaikan TPT. Untuk kasus-kasus yang serupa harus dengan persetujuan antara pemakai dan pembuat.

Tabel VI A
Nilai standar tegangan pulih transien
tegangan pengenal Seri I
Penggambaran dengan 2 parameter - Faktor penyelesaian kutub pertama 1,5

Tegangan pengenal U kV	Nilai puncak TPT U_e kV	Koordinat waktu t_3 μs	Tunda waktu t_d s	Koordinat tegangan u' kV	Koordinat waktu t' μs	Laju kenaikan u_e/t_3 kV/μs
3,6	6,2	40	6,0	2,1	19	0,15
7,2	12,0	52	7,8	4,1	25	0,24
12,0	10,0	60	9,0	6,9	29	0,34
17,5	30,0	72	11,0	10,0	35	0,42
24,0	41,0	88	13,0	14,0	42	0,47
36,0	62,0	108	16,0	21,0	52	0,57
52,0	89,0	132	6,6	30,0	50	0,68
72,5	124,0	166	8,3	41,0	64	0,75

$U_e = 1,4 \times 1,5\sqrt{^2/_3\ U}$; $t_d = 0,15t_3$ untuk $U < 52$ kV
$U' = 1/3\ U_e$; $t_d = 0,05t_3$ untuk $U \geq 52$ kV

Tabel VI B
Nilai standar untuk tegangan pulih transien pengenal
Tegangan pengenal Seri II
Penggambaran dengan 2 parameter - Faktor penyelesaian kutub pertama 1,3
(masih dalam pertimbangan)

Tabel VI C
Nilai standar untuk tegangan pulih transien.
tegangan pengenal 100 kV s/d 170 kV
Penggambaran dengan 4 parameter - faktor penyelesaian kutub pertama 1,3

Tegangan pengenal U kV	Tegangan referensi u_1 kV	Koordinat t_1 μs	Nilai puncak TPT u_e kV	Koordinat waktu t_2 μs	Tunda waktu t_2 μs	Koordinat u' kV	Koordinat waktu t' μs	Laju kenaikan u_1/t_1 μs
100	106	53	149	159	2,0	53	29	2,0
123	131	65	183	195	2,0	65	35	2,0
145	154	77	215	231	2,0	77	40	2,0
170	180	90	253	270	2,0	90	47	2,0

$u_1 = 1,3\sqrt{^2/_3\ U}$; $t_d = 3t_1$; $u_e = 1,4\ u_1 = 1/2\ u_1$

Tabel VI D
Nilai standar untuk tegangan pulih transien tegangan pengenal 100 kV s/d 170 kV
Penggambaran dengan 4 parameter - faktor penyelesaian kutub pertama 1,5

Tegangan pengenal U kV	Tegangan referensi pertama u_1 kV	Koordinat waktu t_1 μs	Nilai puncak TPT u_e kV	Koordinat waktu t_d μs	Tunda waktu t_d μs	Koor-dinat u' kV	Koor-dinat t' μs	Laju kenaik-an u_1/t_1 kV/μs
100	122	61	171	183	2,0	61	33	2,0
123	151	75	211	225	2,0	75	40	2,0
145	178	89	249	267	2,0	89	46	2,0
170	208	104	291	312	2,0	104	54	2,0

$U1 = 1{,}5\sqrt{2/3\ U}$; $t_d = 3t$; $u_e = 1{,}4\ u_1$; $u' = 1/2\ u_1$

Tabel VI E
Nilai standar tegangan pulih transien pengenal Tegangan pengenal 24 kV ke atas
Penggambaran dengan 4 parameter - Faktor penyelesaian kutub pertama 1,3

Tegangan pengenal U kV	Tegangan referensi pertama u_1 kV	Koordinat waktu t_1 μs	Nilai puncak TPT u_e kV	Koordinat waktu t_2 μs	Tunda waktu t_d μs	Koor-dinat u^1 kV	Koor-dinat t^1 μs	Laju kenaik-an u_1/t_1 kV/μs
245	260	130	364	390	2	130	67	2,0
300	318	159	446	477	2	159	82	2,0
362	384	192	538	576	2	192	98	2,0
420	446	223	624	669	2	223	113	2,0
525	557	279	780	837	2	279	141	2,0
765	812	406	1137	1218	2	406	205	2,0

$u_1 = 1{,}3\sqrt{2/3\ U}$; $t_2 = 3\ t_1$; $uc = 1{,}4\ u_1$; $u^1 = 1/2\ u_1$

Tabel di atas juga memberikan nilai laju kenaikan yaitu u_c/t_3 dan u_1/t_1 masing-masing untuk dua dan empat parameter, yang bersama nilai puncak TPT u_c, dapat dipakai untuk penandaan.

Nilai di dalam tabel adalah nilai yang diharapkan akan terjadi:

Nilai ini digunakan pada pemutus tenaga pada sistem transmisi maupun distribusi fase tiga yang pada umumnya terdiri dari transformator, saluran udara dan kabel pendek dengan frekwensi 50 Hz.

Dalam hal sistem fase tunggal atau di mana pemutus tenaga digunakan dalam instalasi yang mengalami kondisi berat (savere) nilai tersebut di atas harus berdasarkan atas persetujuan antara pembuat dan pemakai khususnya dalam hal berikut:

a). Pemutus tenaga tersambung langsung dengan sirkit generator.

b). Pemutus tenaga tersambung langsung ke Transformator tanpa pengaruh kapasitans yang memadai antara pemutus tenaga dan transformator yang akan menyebabkan arus pemutusan lebih besar 50% dari arus pemutusan hubung singkat pengenal dari pemutus tenaga.

c). Pemutus tenaga berdekatan dengan reaktor seri

Dalam sirkit yang mempunyai jaringan kabel yang luas yang tersambung pada sisi sumber mungkin lebih ekonomis dengan menggunakan pemutus tenaga yang mempunyai laju kenaikan tegangan pulih transien pengenal yang rendah, tetapi dalam hal ini nilai- nilai tersebut harus atas persetujuan antara pembuat dan pemakai.

Tegangan pulih transien berkaitan dengan arus pemutusan hubung singkat pengenal bila terjadi hubung singkat pada terminal, dipakai untuk penguapan pemutusan arus yang sama dengan nilai pengenalnya.

Sedangkan untuk penguapan arus pemutusan kurang dari 100% nilai pengenalnya dispesifikasikan nilai tegangan pulih transien lain (lihat sub-ayat 7.5 Publikasi IEC 56-4).

Persyaratan tambahan selanjutnya dikenakan untuk pemutus tenaga dengan tegangan pengenal 52 kV ke atas dan mempunyai arus pemutusan hubung singkat pengenal di atas 12,5 kA yang boleh dikatakan untuk kondisi gangguan saluran pendek (lihat ayat 8).

Tabel VI F
Nilai standar tegangan pulih transien awal tegangan pengenal 100 kV ke atas

Tegangan pengenal U (kV)	Faktor Pengali fi untuk menentukan u1 sebagai fungsi nilai efektif (rms) dari arus pemutus I*)		Koordinat waktu t1 (Us)
	50 Hz	60 Hz	
100	**	**	**
123	0,046	0,056	0,4
145	0,046	0,056	0,4
170	0,058	0,070	0,5
245	0,069	0,084	0,6
300	0,081	0,098	0,7
362	0,092	0,112	0,8
420	0,092	0,112	0,8
525	0,116	139	1,0
765	**	**	**

*) Puncak awal yang sebenarnya, didapat dengan mengalikan angka dari kolom ini dengan nilai efektif arus pemutusan.

**) Masih dalam pertimbangan.

Catatan :

1. Nilai dari Tabel VI F dianggap mencakup gangguan tiga fase dan gangguan satu fase yang didasarkan atas asumsi bahwa rel termasuk bagian yang terhubung dengannya (penyangga, transformator arus dan tegangan, pemisah dan sebagainya) dapat diwakili dengan resultansi impedans surja Zi, kira-kira: 260 Ohm. Hubungan antara f_1 dan t_1 adalah :

   $$f_1 = t_1 \times Z_1 \times w \times 2$$

   w, tergantung pada frekuensi pengenal pemutus tenaga

2. TPTA (Tegangan Pulih Transien Awal) dapat diabaikan untuk gardu berselungkup logam atau di mana arus pemutusan pengenal kurang dari 25 kA.

8. KARAKTERISTIK PENGENAL UNTUK GANGGUAN SALURAN PENDEK

Karakteristik pengenal untuk gangguan saluran pendek diperlukan untuk perencanaan pemutus tenaga tiga kutub yang tersambung langsung ke transmisi saluran udara dan mempunyai tegangan pengenal 52 kV ke atas dan arus pemutusan hubung singkat pengenal di atas 12,5 kA.

Karakteristik ini berhubungan dengan pemutusan gangguan satu fase ke bumi dalam sistem yang titik netralnya dibumikan langsung.

Catatan :

Dalam standar ini, pengujian satu fase pada tegangan terhadap netral, dianggap mencakup seluruh jenis gangguan saluran pendek. Dengan pertimbangan bahwa dalam sistem netral terisolasi, gangguan satu fase ke bumi tidak berlaku pada pemutus tenaga untuk kondisi gangguan saluran pendek.

Sirkit gangguan saluran pendek diambil sebagai komposisi sirkit suplai pada sisi sumber dari pemutus tenaga dan saluran pendek pada sisi beban (lihat gambar 5, hal. 37) dengan karakteristik pengenal sebagai berikut :

a). Karakteristik sirkit suplai pengenal
Tegangan sama dengan fase ke netral $U/\sqrt{3}$ sesuai dengan tegangan pengenal U dari pemutus tenaga.
Arus hubung singkat pada gangguan terminal sama dengan arus pemutusan hubung singkat pengenal dari pemutus tenaga.
Gambaran tegangan pulih transien, diberikan oleh nilai standar dalam tabel: VII A; VII B; VII C.
Karakteristik TPTA berasal dari tabel VI.

b). Karakteristik saluran pengenal
Nilai standar impedans surja pengenal Z.
Faktor puncak pengenal k dan tanda waktu t_{d1} diberikan dalam tabel : VIII

Tabel VII A
Nilai Standar Tegangan Pulih Transien Dari Sirkit Suplai Untuk Gangguan Saluran Pendek Tegangan Pengenal Seri I - Penggambaran Dengan Dua Parameter

Tegangan Pengenal U kV	Nilai puncak TPT U_c kV	Koordinat waktu t_3 µs	Tunda waktu t_d µs	Koordinat tegangan u^1 kV	Koordinat waktu t^1 ms	Laju Kenaikan U_c/t_s kV/µs
52	59	132	6,6	20	51	0,45
72,5	83	166	8,4	28	64	0,50

$U_c = 1,4\sqrt{2/3\ U}$; $t_d = 0,05\ t_3$; $U_1 = 1/3\ U_c$

Tabel VII B
Nilai Standar Tegangan Pulih Transien Dari Sirkit Suplai Untuk Gangguan Saluran Pendek Tegangan Pengenal Seri Ii - Penggambaran Dengan Dua Parameter

(DALAM PERTIMBANGAN)

Tabel VII C
Nilai standar tegangan pulih transien dari sirkit suplai
Untuk gangguan saluran pendek
tegangan pengenal 100 kV ke atas - Penggambaran dengan empat parameter

Tegangan pengenal U kV	Tegangan referensi u_1 kV	Koor-dinat waktu t_1 µs	Nilai puncak TPT uc kV	Koor-dinat waktu t_2 µs	Tunda waktu t_d µs	Koor-dinat tegangan u1 kV	Koor-dinat waktu t_1 µs	Laju kecepatan u_1/t_r kV/µs
100	82	41	114	123	2	41	22	2,0
123	100	50	141	150	2	50	27	2,0
145	118	59	166	177	2	59	32	2,0
170	139	69	194	207	2	69	37	2,0
245	200	100	280	300	2	100	52	2,0
300	245	122	343	366	2	122	63	2,0
362	296	148	414	444	2	148	76	2,0
420	343	171	480	513	2	171	88	2,0
525	429	214	600	642	2	214	109	2,0
765	625	312	874	936	2	312	158	2,0

$u_1 = \sqrt{2/3}.U$ $t_2 = 3t_1$ $u_c = 1,4.u_1$ $u_1 = 1/2.u_1$

Tabel VIII
Nilai standar karakteristik saluran pengenal
untuk gangguan saluran pendek

Tegangan Pengenal L1 kV	Jumlah Konduktor tiap Fasa	Impedanti Kerja Pengenal	FDaktor Puncak Penegenal k	Faktor RRRV 50 HZ	Faktor RRRV 60 HZ	Tunda waktu Td1** ms
				s* kV/ms kA		
≤ 170 ≥ 245	1 s/d 4	450	1,6	0,200	0,240	0,2 0,5

* Untuk faktor LKPTUL laju kenaikan tegangan pendek.
** Untuk menentukan tunda waktu sisi saluran

9. ARUS PENUTUPAN HUBUNG SINGKAT PENGENAL

Arus penutupan hubung singkat (lihat gambar-1) dari pemutus tenaga berkaitan dengan tegangan pengenal dan harus 2,5 kali dari nilai efektif komponen arus bolak balik, arus pemutusan hubung singkat pengenal (lihat ayat 6).

10. LAMANYA HUBUNG SINGKAT PENGENAL

Lamanya hubung singkat pengenal pemutus tenaga adalah periode waktu di mana pemutus tenaga (dalam keadaan tertutup) dapat mengalirkan arus setara dengan arus pemutusan hubung singkat pengenal.

Nilai standar lamanya hubung singkat pengenal adalah 1 detik. Jika dibutuhkan nilai lebih dari 1 detik, maka direkomendasikan 3 detik. Lamanya hubung singkat pengenal tidak perlu diterapkan pada pemutus tenaga yang dilengkapi dengan pelepas arus lebih yang langsung (direct overcurrent release) bila dihubungkan pada suatu sirkit di mana arus pemutusan yang diperkirakan akan terjadi setara dengan arus pemutusan hubung singkat pengenal, pemutus tenaga harus mampu mengalirkan jumlah arus selama waktu pembukaan yang dibutuhkan oleh pemutus tenaga yang dilengkapi dengan pelepas arus yang disetel pada waktu terbelakang (time lag) maksimum, bila dioperasikan sesuai dengan urutan operasi pengenal.

11. URUTAN OPERASI PENGENAL

Ada 2 pilihan operasi pengenal sebagai berikut:

a. O - t-Co - t' - Co
   Jika jarak waktu (interval) tidak ditetapkan, maka diambil nilai: t = 3 menit bagi pemutus tenaga yang tidak dimaksudkan untuk menutup kembali otomatis secara cepat.
   t = 0,3 detik bagi pemutus tenaga yang dimaksudkan untuk menutup kembali otomatis secara tepat ("Waktu mati")
   t' = 3 detik

b. Co - t" - Co dengan: t" = 15 detik, bagi pemutus tenaga yang tidak dimaksudkan untuk menutup kembali otomatis secara cepat, di mana:
   O = menggambarkan operasi pembukaan.
   Co = menggambarkan operasi penutupan yang segera disusul (tanpa suatu perlambatan waktu) dengan operasi pembukaan.
   t, t' dan t" = jarak waktu antara operasi yang berurutan.
   t dan t' = harus selalu dinyatakan dalam menit atau dalam detik.
   t" = harus selalu dinyatakan dalam detik.

Jika waktu mati (dead time) dapat diatur, batas pengaturan harus ditetapkan.

12. ARUS PEMUTUSAN FASE TAK SEREMPAK PENGENAL

Arus pemutusan fase tak serempak pengenal adalah arus pemutusan fase tak serempak maksimum di mana pemutus tenaga mampu melakukan pemutusan dalam kondisi pemakaian dan perilakunya seperti ditentukan dalam standar ini, pada rangkaian mengalami tegangan pulih sebagaimana klasifikasi berikut:

Penetapan arus pemutusan fase tak serempak pengenal tidak bersifat mutlak. Bilamana suatu fase tak serempak ditentukan, maka penerapannya sebagai berikut:

i) Tegangan pulih frekwensi tenaga adalah $2/\sqrt{3}$ kali tegangan pengenal untuk sistem netral yang dibumikan, dan $2{,}5/\sqrt{3}$ kali tegangan pengenal untuk sistem yang lain.

ii) Tegangan pulih transien disesuaikan dengan tabel:
- IX, untuk pemutusan tenaga dengan tegangan pengenal di bawah 100 kV dengan sistem netral yang tidak dibumikan.
- X, untuk pemutus tenaga dengan tegangan pengenal dari 100 kV ke atas sampai dengan 170 kV dengan sistem netral yang dibumikan.
- XI, untuk pemutus tenaga dengan tegangan pengenal dari 100 kV ke atas dan mencapai 170 kV untuk digunakan pada sistem selain sistem netral yang dibumikan.
- XII, untuk pemutus tenaga dengan tegangan pengenal 245 kV ke atas dengan sistem netral yang dibumikan.

iii) Arus pemutus fase tak serempak pengenal harus 25% arus hubung singkat pengenal, kecuali ditentukan lain.
Kondisi standar dari penggunaan yang berkenaan dengan arus switsing fase tak serempak pengenal adalah sebagai berikut:
- Operasi pembukaan dan penutupan disesuaikan dengan instruksi yang diberikan oleh pabrik untuk pengoperasian dan penggunaan yang tepat pemutus tenaga beserta peralatan bantunya.
- Kondisi netral dari sistem tenaga dengan mana pemutus tenaga telah diujikan.
- Tanpa adanya gangguan pada sisi pemutusan tenaga.

CATATAN :

1. Persyaratan standar ini berlaku bagi sebagian pemutus tenaga termasuk switsing pada kondisi fase tak serempak. Beberapa keadaan harus digabungkan untuk mendapatkan kondisi yang berat lebih dari yang tercakup pada pengujian standar ini, seperti kondisi fase tak serempak yang jarang terjadi. Akan menjadi tidak ekonomis merencanakan pemutusan tenaga untuk kondisi ekstrim. Pada kondisi sistem sebenarnya harus dipertimbangkan kapan fase tak serempak sering terjadi atau di mana gaya-gaya yang besar mungkin terjadi, sebagai contoh pada kasus ini adalah : Pemutus tenaga pada generator. Pemutus tenaga khusus atau suatu pengenal pada tegangan tinggi kadang-kadang dapat sebagai syarat.
   Cara pemecahan lain, kerasnya tugas switsing fase tak serempak dapat berkurang oleh beberapa sistem pemakaian rele, dengan koordinasi peralatan yang peka mengontrol saat pembukaan (tripping), juga akan menghentikan akibat penting lain atau sebelum saat sudut fase mencapai sudut 180°C.

2. Laju kenaikan yang tinggi dapat terjadi bila salah satu terminal pemutus tenaga dihubungkan dengan trafo.
   Pemutus tenaga diuji berdasarkan standar ini dengan pertimbangan memenuhi laju kenaikan yang tinggi seperti pada syarat pengujian No. 2 yang menjadi dasar pengujian hubung singkat.

Tabel IX
Nilai standar tegangan pulih transien
Untuk pemutusan fase tak serempak

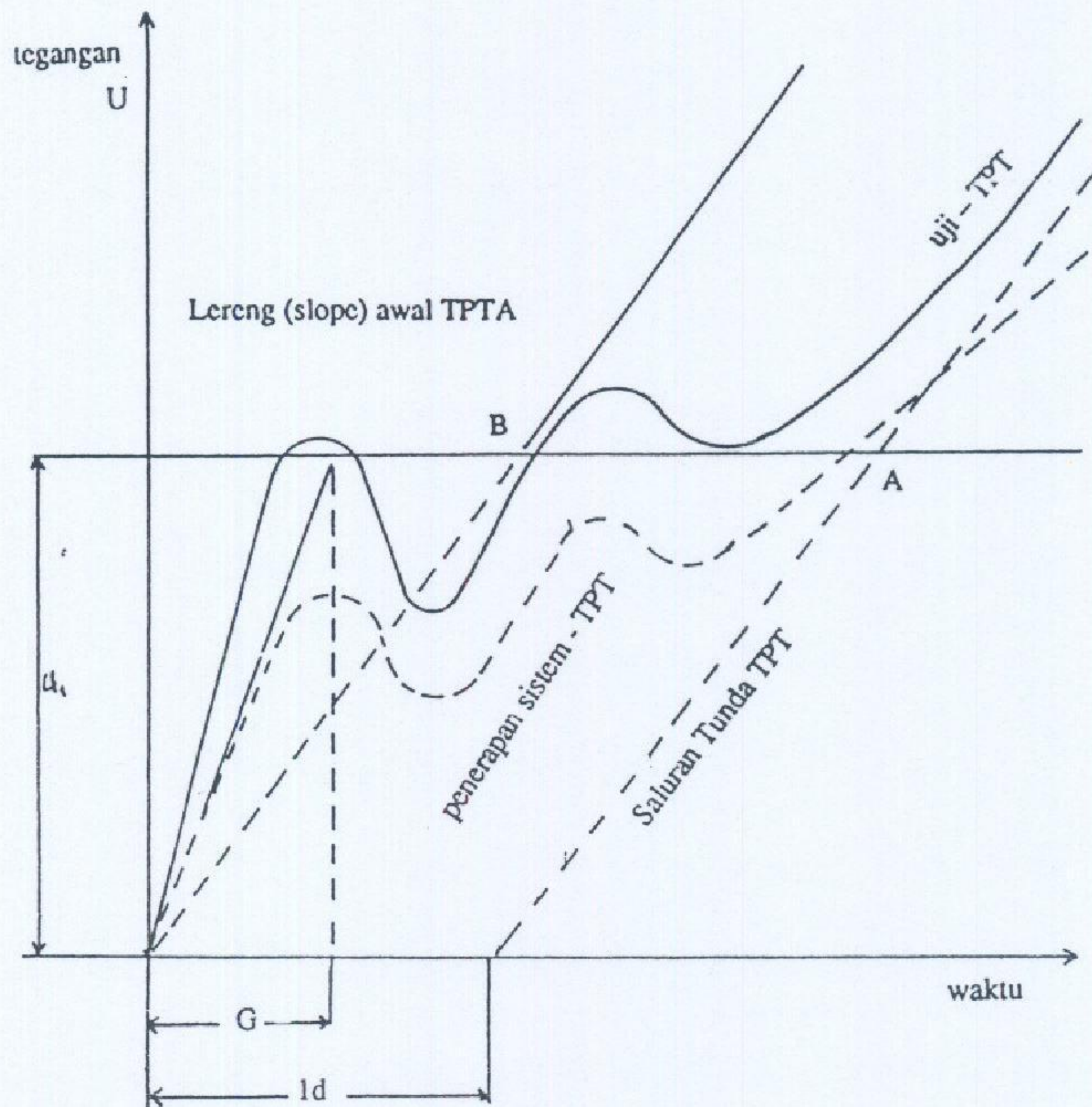
Tegangan Pengenal U kV	Nilai Puncak TPT u_c kV	Koordinat waktu t_3 µs	Laju kenaikan u_c/t_3 kV/µs
3,6	9,2	80	0,12
7,2	18,4	104	0,18
12	30,6	120	0,26
17,5	45	144	0,31
24	61	176	0,35
36	92	216	0,43
52	133	264	0,5
72,5	185	336	0,55

$u_c = 1{,}25 \times 2{,}5\ (2/3)^{1/2}U$

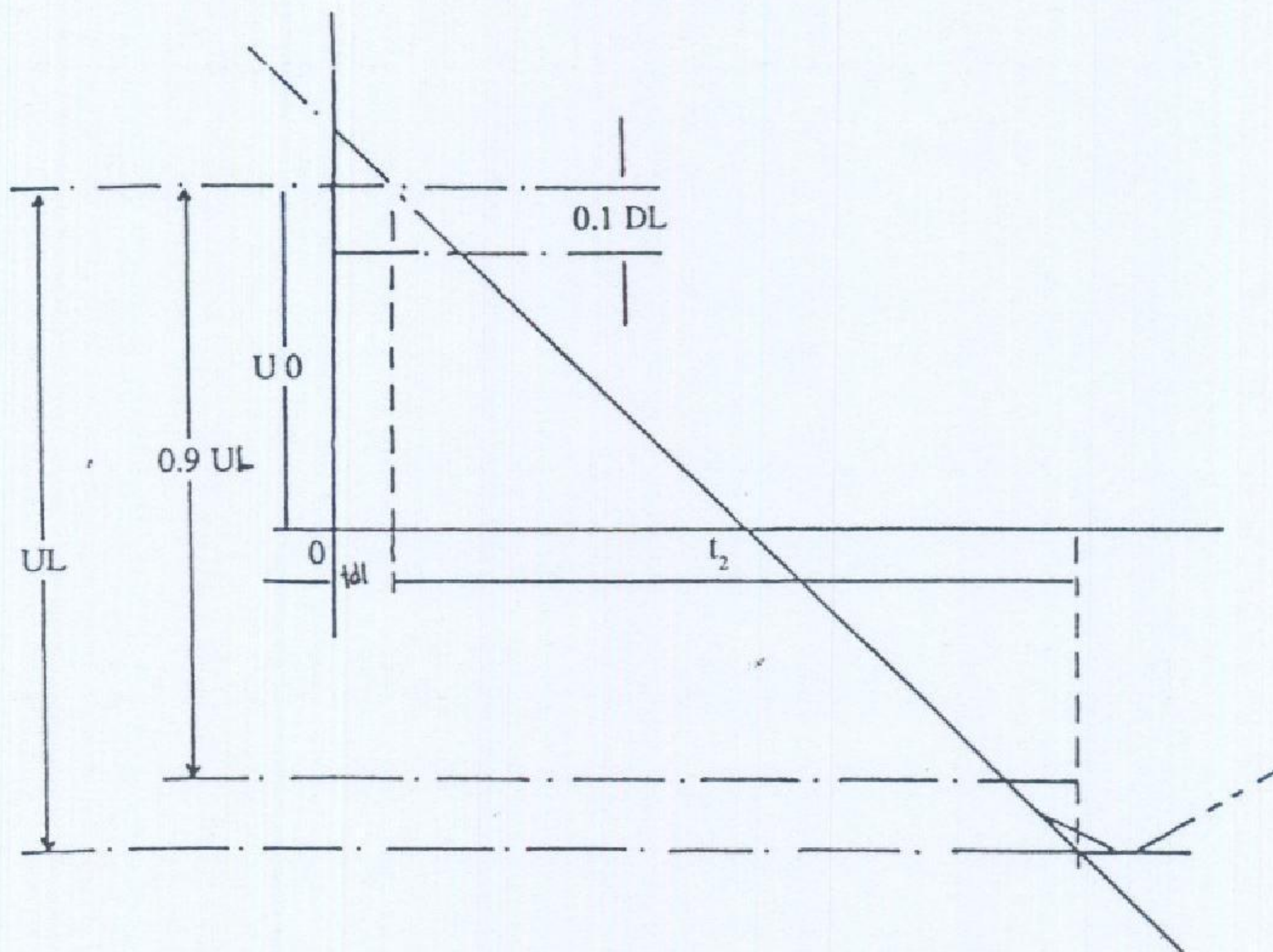
Tabel X
Nilai standar tegangan pulih transien
Untuk pemutus fase tak serempak
Tegangan pengenal 100 kV sampai 170 kV - ditunjukkan dengan 4 parameter
Sistem Netral Dibumikan

Tegangan Pengenal U kV	Tegangan referensi pertama u_1 kV	Koordinat waktu t_1 µS	Nilai Puncak TPT u_c kV	Koordinat waktu t2 µS	Laju Kenaikan u_1/t_1 kV/µS
100	163	106	204	318	1,54
123	201	130	251	390	1,54
145	237	154	296	426	1,54
170	278	180	347	540	1,54

$U_1 = 2\ (2/3)^{1/2}.U : u_c = 1{,}25\ u_1\ ;\ t_2 = 3\ t_1$

$U_1 = 2(2/3)^{1/2}.\ U\ ;\ t_2 = 3\ t_1\ ;\ u_c = 1{,}25\ u_1$

Catatan :

Bentuk Pemindahan
TPT pada t = 0 diabaikan
A = Irisan selimut TPTA dengan garis tunda TPT
B = Irisan selimut TPTA dengan selimut TPT

Gambar 1
Kurva yang menunjukkan TPTA dan hubungannya dengan TPT.

Gambar 2.
Contoh suatu TPT pada sisi saluran dengan tunda waktu awal, dan puncak yang dilengkungkan menunjukkan bentuk (Kurva) untuk memperoleh nilai-nilai : U_l, t_L, t_{dL}

13. ARUS PEMUTUSAN PENGISIAN SALURAN PENGENAL

Arus pemutusan pengisian saluran pengenal adalah arus pengisian saluran maksimum, dimana pemutus tenaga harus mampu memutuskannya pada tegangan pengenal dalam kondisi pemakaian dan perilaku seperti yang telah ditetapkan dalam spesifikasi ini dan tidak melampaui tegangan lebih switsing maksimum yang diperkenankan (dalam pertimbangan).

Catatan :
Dalam hal ini nilai seyogianya ditetapkan oleh pembuat.

Penetapan arus pemutusan pengisian saluran pengenal dibatasi pada pemutus tenaga yang dimaksudkan untuk switsing saluran udara 3 fase yang tegangan pengenalnya 72,5 kV atau lebih.

Nilai standar diberikan dalam tabel XIII sebagai berikut :

Tabel XIII
Nilai Standar Arus Pemutusan Pengisian Saluran Pengenal

Tegangan Pengenal V	Arus pemutusan pengisian saluran pengenal. A
72,5	10
100	20
123	31,5
145	50
170	63
245	125
300	200
362	315
420	400
525	500

Catatan : Untuk saluran udara konduktor tunggal yang beroperasi pada frequensi 50 Hz, arus pemutusan pada tabel VIII menyatakan secara tidak langsung panjang saluran-saluran dalam km kira-kira sama dengan 1,2 kali tegangan pengenal pemutus tenaga dalam kV.

14. ARUS PEMUTUSAN PENGISIAN KABEL PENGENAL

Arus pemutusan pengisian kabel pengenal adalah arus pengisian kabel maksimum, di mana pemutus tenaga harus mampu memutuskannya pada tegangan pengenal dalam kondisi pemakaian dan perilaku seperti yang telah ditetapkan dalam spesifikasi ini dan tidak melampaui tegangan lebih switsing maksimum yang diperkenankan (dalam pertimbangan).

Catatan : Dalam hal ini nilai seyogianya ditetapkan oleh pembuat.
Penetapan arus pemutusan pengisian kabel pengenal pada pemutus tenaga hanya dibuat berdasarkan permintaan, dan tidak perlu untuk pemutus tenaga yang tegangan pengenalnya sampai dengan 24 kV. Jika perlu ditetapkan, maka arus pemutusan pengisian kabel pengenal direkomendasikan menurut tabel XIV.

Tabel XIV
Nilai Standar Arus Pemutusan Pengisian Kabel Pengenal

Tegangan Pengenal V	Arus pemutusan pengisian saluran pengenal. A
3,6	10
7,2	10
12	25
17,5	31,5
24	31,5
36	50
52	125
72,5	125
100	140
123	160
145	160
170	250
245	315
300	355
420	400
525	500

Catatan : Nilai dalam Tabel XIV berkaitan dengan kebutuhan normal maksimum dari sistem tenaga pada umumnya. Arus pengisian kabel yang melebihi nilai tersebut harus ditetapkan berdasarkan persetujuan khusus antara pembuat dan pemakai.

15. ARUS PEMUTUSAN KAPASITOR (TUNGGAL) PENGENAL

Arus pemutusan kapasitor pengenal adalah arus pemutusan kapasitor maksimum, di mana pemutus tenaga harus mampu memutuskannya pada tegangan pengenal dalam kondisi pemakaian dan prilaku seperti yang telah ditetapkan dalam spesifikasi ini dan tidak melampaui tegangan lebih switsing maksimum yang diperkenankan (dalam pertimbangan).

Catatan :

Dalam hal ini nilai seyogianya ditetapkan oleh pembuat.

Arus pemutusan ini didasarkan pada switsing dari shunt kapasitor bank tunggal (terisolasi).

Penetapan arus pemutusan kapasitor pengenal pada pemutus tenaga hanya dibuat berdasarkan permintaan.

Nilai standar arus pemutusan kapasitor pengenal masih dalam pertimbangan dan sampai sekarang telah dicapai persetujuan internasional, untuk pemutus tenaga khusus harus ditetapkan berdasarkan nilai Serie R-10, baik melalui standar nasional, maupun berdasarkan persetujuan antara pembuat dan pemakai.

16. ARUS PEMUTUSAN INDUKTIF RENDAH PENGENAL

Dalam pertimbangan.

17. TEGANGAN SUPLAI PENGENAL PERALATAN BUKA TUTUP

Tegangan suplai pengenal dari peralatan buka tutup adalah tegangan yang membatasi kondisi kerja dan panas yang mampu ditahan oleh isolasi sirkit kontrolnya.

Yang dimaksudkan dengan tegangan suplai dari peralatan adalah tegangan yang diukur pada terminal sirkit, dari peralatan tersebut selama beroperasi; termasuk (bila diperlukan) tahanan bantu ataupun perlengkapan yang disediakan atau diperlukan pembuat yang terpasang serie, tapi tidak termasuk penghantar untuk penyambung ke-sumber listrik.

Tegangan suplai pengenal untuk perlengkapan bantu lebih diutamakan salah satu dari nilai standar dalam tabel-, dan

Tabel XV
Arus Searah

	V	
  110 220	24 48 atau atau	 60 125 250

Tabel XVI
ABB satu fase

V	
Seri-I	Seri-II
100 220	120 120/240 240

Catatan : Bila tertera 2 nilai berarti sistem 3 kawat; di mana nilai rendah adalah tegangan antara fase dan netral, nilai tinggi adalah antar fase. Bila tertera hanya satu nilai, berarti sistem dua kawat.

Tabel XVII
ABB 3 Fase

V	
Seri-I	Seri-II
100 220/380	120/208 240/415 277/480

Catatan : Bila tertera 2 nilai, berarti sistem 4 kawat, di mana nilai rendah adalah tegangan antara fase dan netral, nilai tinggi adalah tegangan antar fase.

18. TEGANGAN SUPLAI PENGENAL PADA SIRKIT BANTU

Tegangan suplai pengenal pada sirkit bantu lebih diutamakan salah satu dari nilai standar dalam tabel XV, XVI, XVII.

19. FREKUENSI SUPLAI PENGENAL PERALATAN BUKA TUTUP DAN SIRKIT BANTU

Frequensi suplai pengenal dari peralatan buka tutup dan sirkit bantu adalah 50 Hz & 60 Hz.

20. TEKANAN PENGENAL DARI SUPLAI GAS BERTEKANAN UNTUK OPERASI ATAU INTERUPSI.

Tekanan pengenal dari suplai gas bertekanan untuk mengoperasikan peralatan kontrol pneumatik atau suatu pemutus tenaga dengan pemadam busur gas adalah tekanan yang membatasi kondisi kerja peralatan kontrol atau pemadam busur. Untuk pemutus tenaga yang dilengkapi dengan tabung penyimpanan gas, tekanan dari suplai gas adalah tekanan gas yang diukur pada tabung penyimpanannya sebelum pemutus tenaga beroperasi.

Catatan :

Untuk pemutus tenaga lain, hal ini masih dalam pertimbangan.

Untuk keperluan operasi maksimum khusus, perlu diketahui tekanan operasi maksimum dan minimumnya.

Tidak ada nilai standar dari tekanan pengenal yang diberikan, hal ini tergantung dari pembuat.

21. KOORDINASI DARI NILAI PENGENAL

Tabel koordinasi dari tegangan pengenal (ayat-2); arus pemutusan hubung singkat (ayat-6) dan arus normal (ayat-5) diberikan dalam tabel XVIII sampai dengan XX.

Tabel koordinasi tidak bersifat mutlak dan dimaksudkan sebagai petunjuk bagi nilai yang lebih diutamakan.

Tabel XVIII
Tabel koordinasi dari nilai pengenal untuk pemutus tenaga

Teg. pengenal (kV)	Arus pemutusan hubung-singkat pengenal (kA)	Arus Normal Pengenal (A)							
3,6	10	400							
	16		630		1250				
	25				1250	1600		2500	
	40				1250	1600		2500	4000
7,2	8	400							
	12,5	400	630		1250				
	16		630		1250	1600			
	25		630		1250	1600		2500	
	40				1250	1600		2500	4000
12	8	400							
	12,5	400	630		1250				
	16		630		1250	1600			
	25		630		1250	1600		2500	
	40				1250	1600		2500	
	50				1250	1600		2500	4000
17,5	8	400	630		1250				
	12,5		630		1250				
	16		630		1250				
	25				1250				
	40				1250	1600		2500	
24	8	400	630		1250				
	12,5		630		1250				
	16		630		1250	1600			
	25				1250	1600		2500	
	40							2500	4000
36	8		630						
	12,5		630		1250				
	16		630		1250	1600			
	25				1250	1600		2500	
	40					1600		2500	4000
52	8			800					
	12,5				1250				
	20				1250	1600	2000		
72.5	12,5			800	1250				
	16			800	1250				
	20				1250	1600	2000		
	31,5				1250	1600	2000		

Catatan :

Tabel koordinasi tidak bersifat mutlak dan dimaksudkan sebagai petunjuk bagi nilai yang lebih diutamakan, oleh karena itu pemutus tenaga dengan kombinasi nilai pengenal yang lain tidak berarti menyimpang dari rekomendasi IEC untuk pemutus tenaga. Nilai dari tegangan pengenal diberikan dalam ayat 2.1 untuk seri-I. Nilai arus pemutusan hubung singkat pengenal dan arus normal pengenal diseleksi dari niiai yang diberikan dalam ayat-5 dan ayat 6.1.

Tabel XIX (dalam pertimbangan)
Nilai yang terdapat dalam tabel ini adalah nilai yang sekarang digunakan di Amerika Serikat dan Kanada

Tegangan Pengenal Maksimum kV	Arus pemutusan hubung singkat-pengenal pada tegangan pengenal maksimum kA *)	Tegangan pengenal Minimum kV	Arus pemutusan hubung singkat pengenal pada tegangan pengenal minimum kA	Arus Normal Pengenal A					
4,76	6,1	2,3	13	1250					
	8,8	3,5	12	1250					
	18	3,5	24	1250					
	29	3,85	36		1250	2000			
	41	4	49		1250		3150		
8,25	3,5	2,3	13	630					
	7	2,3	25	630	1250	2000			
	17	4,6	30		1250				
	33	6,6	41		1250	2000			
5	5,8	4	22	630	1250				
	9,3	6,6	21		1250				
	9,8	4	37		1250				
	18	11,5	23		1250				
	19	6,6	43		1250	2000			
	28	11,5	36		1250	2000			
	37	11,5	48		1250	2000	3150		
15,5	8,9	5,8	24	630					
	18	12	23		1250				
	35	12	45		1250				

Tabel XIX (Lanjutan)

Tegangan Pengenal Maksimum kV	Arus pemutusan hubung singkat-pengenal pada tegangan pengenal maksimum kA *)	Tegangan pengenal Minimum kV	Arus pemutusan hubung singkat pengenal pada tegangan pengenal minimum kA	Arus Normal Pengenal A					
	56	12	73			2000	3150	4000	5000
	93	12	120	630					
25,8	5,4	12	12						
	11	12	24						
38	22	23	36		1250		2000		
	36	24	57			2000			
48,3	17	40	21		1250				
72	19	60	23		1250				
	37	60	41				2000		

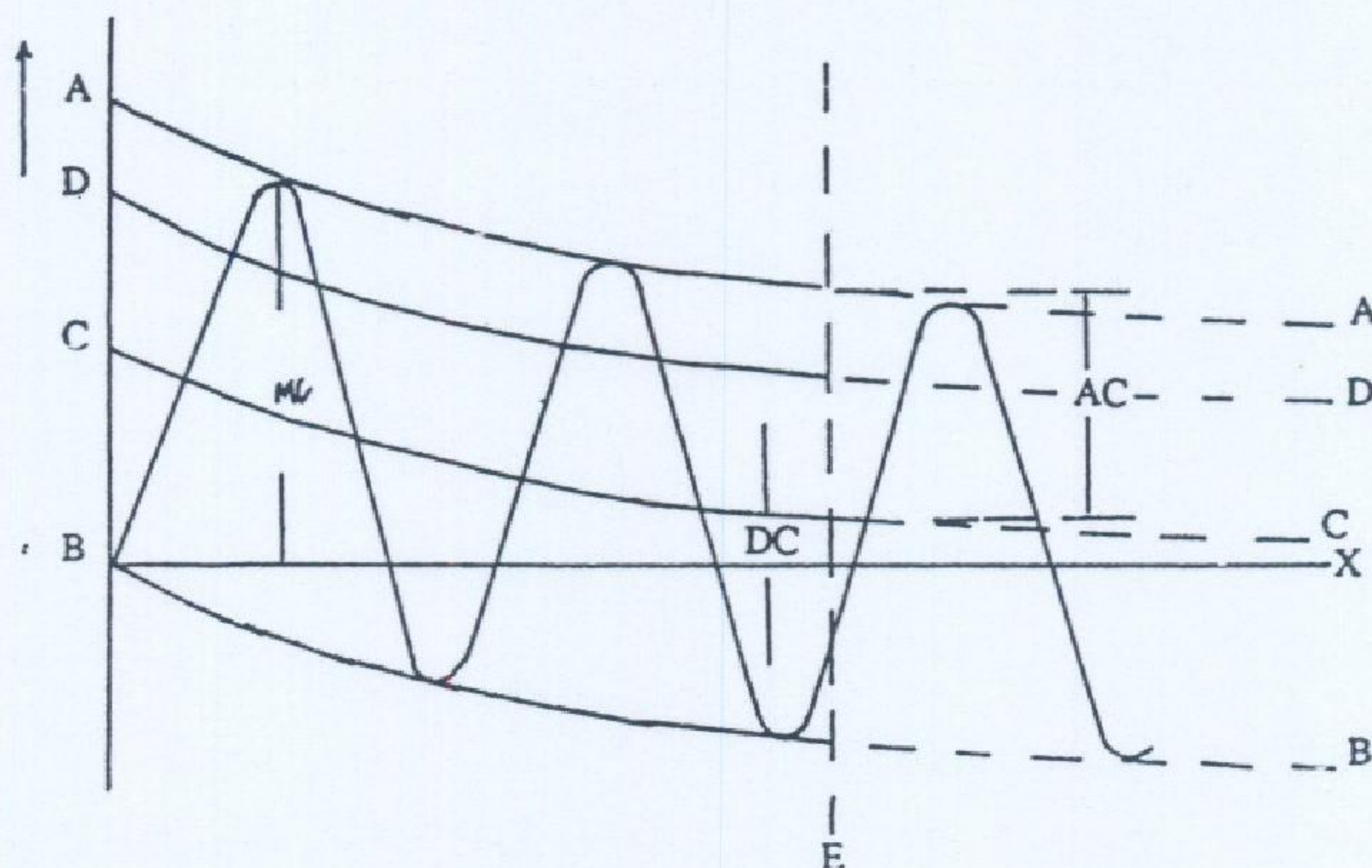
*) Nilai yang lebih mendekati rekomendasi IEC, masih dalam pertimbangan.

Catatan : Tabel koordinasi tidak bersifat mutlak dan dimaksudkan sebagai petunjuk bagi nilai yang diutamakan oleh karena itu pemutus tenaga dengan kombinasi nilai pengenal yang lain, tidak berarti menyimpang dari rekomendasi IEC untuk pemutus tenaga. Nilai dari tegangan pengenal maksimum diberikan dalam pasal ayat 2.A, untuk seri-II. Nilai arus normal pengenal diseleksi dari nilai yang diberikan dalam ayat 5 (lihat catatan ayat 6.i) mengenai interpolasi dari arus pemutus hubung singkat untuk tegangan tersebut.

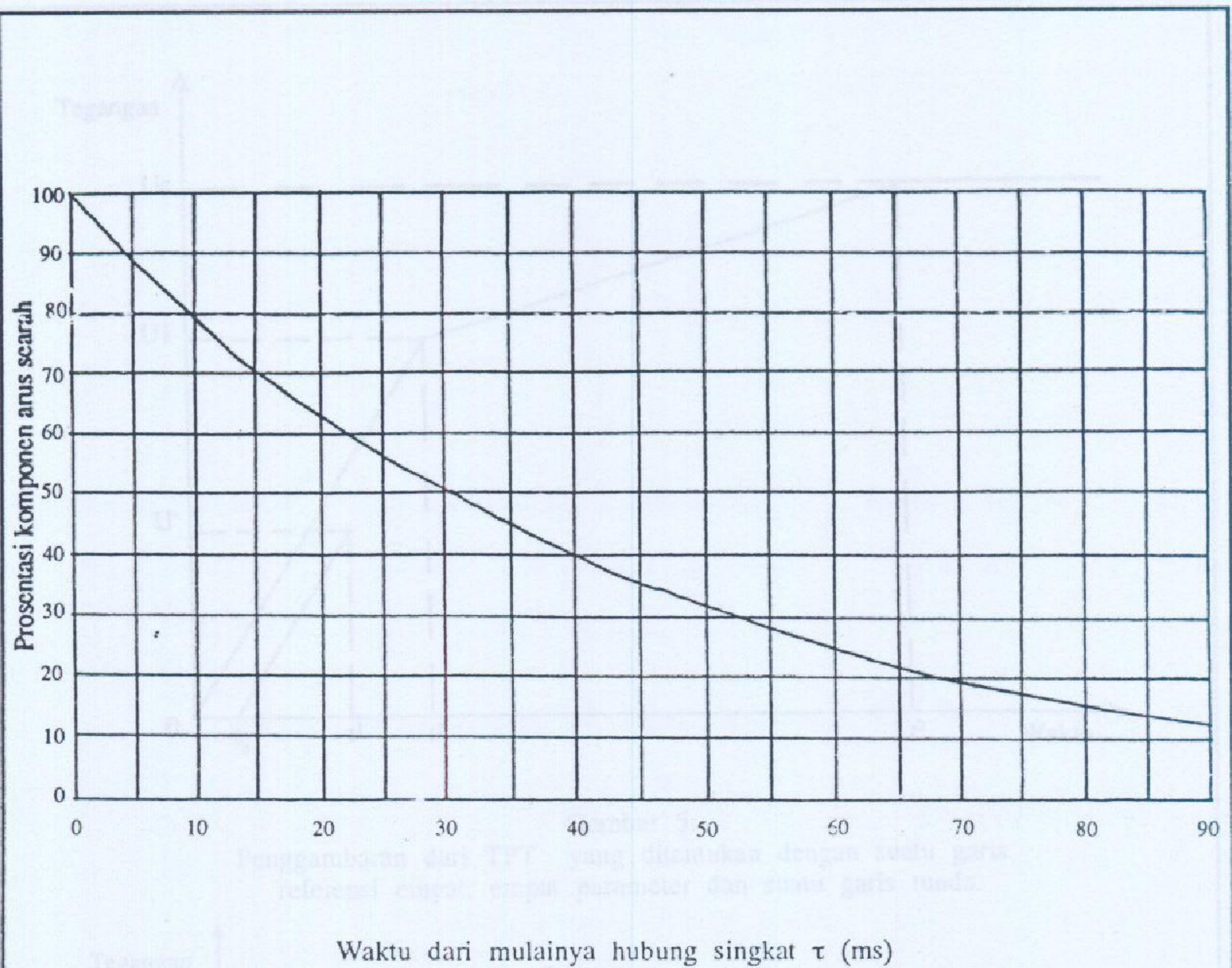
Tabel XX
Tabel koordinasi dari nilai pengenal untuk pemutus tenaga

Tegangan Pengenal kV	Arus pemutusan hubung singkat pengenal kA	Arus Normal Pengenal (A)					
123	12,5	800	1250				
	20		1250	1600	2000		
	25		1250	1600	2000		
	40			1600	2000		
145	12,5	800	1250				
	20		1250	1600	2000		
	25		1250	1600	2000		
	31,5		1250	1600	2000	3150	
	40			1600	2000	3150	
	50				2000	3150	
170	12,5	800	1250				
	20		1250	1600	2000		
	31,5		1250	1600	2000	3150	
	40			1600	2000	3150	
	50			1600	2000	3150	
245	20		1250	1600	2000		
	31,5		1250	1600	2000		
	40			1600	2000	3150	
	50				2000	3150	
300	16		1250	1600			
	20		1250	1600	2000		
	31,5		1250	1600	2000	3150	
	50			1600	2000	3150	
362	20				2000		
	31,5				2000		
	40			1600	2000	3150	
420	20			1600	2000		
	31,5			1600	2000		
	40			1600	2000	3150	
	50				2000	3150	4000
525	40				2000	3150	
765	40				2000	3150	

Catatan : Tabel koordinasi tidak bersifat mutlak dan dimaksudkan sebagai petunjuk bagi nilai yang lebih diutamakan, oleh karena itu pemutus tenaga dengan kombinasi nilai pengenal yang lain tidak berarti menyimpang dari rekomendasi IEC untuk pemutus tenaga. Nilai dari tegangan pengenal yang diberikan dalam ayat 2.2, dengan meniadakan 100 kV. Nilai dari arus pemutusan hubung singkat pengenal dan arus normal pengenal diseleksi dari nilai yang diberikan dalam data-data ayat-5 dan ayat 6.1.

pengenal diseleksi dari nilai yang diberikan dalam data-data pasal-5 dan ayat 6.1.

Gambar 3.
Penentuan dari arus penutupan dan arus pemutusan dan prosentase komponen arus searah.

$\frac{AA'}{BB'}$	=	Selimut (ENVELOPE) dari gelombang arus.
BX	=	Garis nol normal
CC'	=	Pergeseran dari garis nol pada setiap saat gelombang arus.
DD'	=	Nilai efektif komponen ABB dari arus pada setiap saat diukur dari CC.
EE'	=	Saat pemisahan kontak (Cetusan awal Busur).
I_{MC}	=	Arus penutupan.
I_{AC}	=	Nilai puncak komponen ABB dari arus paua saat EE.
$\frac{I_{AC}}{v2}$	=	Nilai efektip komponen ABB dari arus pada saat EE.
I_{DC}	=	Komponen A.S dari arus pada saat EE.
$\frac{I_{DC} \times 100}{I_{AC}}$	=	Prosentase nilai dari komponen arus searah.

Waktu dari mulainya hubung singkat τ (ms)

Gambar 4:
Prosentase komponen arus searah dalam kaitannya dengan waktu τ

LAMPIRAN A:

Perhitungan tegangan pulih transien gangguan saluran pendek dari karakteristik pengenal.

1). Pengertian Dasar

Untuk menentukan besaran pengenal dan keperluan pengujian, dianggap bahwa gangguan saluran pendek yang terjadi hanya merupakan hubung singkat satu fase ke bumi dalam suatu sistem yang dilengkapi dengan pembumian netral yang efektif; hal ini cukup untuk mencakup kasus-kasus lain, terkecuali pada keadaan khusus di mana parameter dari sistem tersebut melebihi nilai standar. Rangkaian satu fase yang disederhanakan ditunjukkan dalam gambar 5.

Selama hubung singkat; tegangan akan menjadi:

$$Up = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

U = Nilai efektif dari tegangan pengenal pemutus tenaga.

Tegangan ini menyebabkan arus I_L mengalir dalam rangkaian yang terdiri dari reaktans X_s dan X_L dalam hubungan seri.

Nilai efektif dari tegangan jatuh (voltage drop) disisi sumber adalah:

$U_s = I_l \ X_s$

dan sepanjang saluran.

$U_l = I_l \ X_l$

Bila arus ini terputus, maka tegangan sesaat ke bumi diterminal pemutus tenaga sisi saluran akan terjadi :

$U_o = \sqrt{2} \ U_l$

Tegangan ini akan berangsur-angsur menjadi nol setelah berlangsung sejumlah gelombang berjalan dipantulkan bolak balik sepanjang saluran antara pemutus tenaga dan titik gangguan; dengan menimbulkan tegangan transien pada sisi saluran dari pemutus tenaga berupa gelombang gigi gergaji berisolasi teredam seperti ditunjukkan U_l pada gambar 6.

Tegangan ke tanah pada terminal sisi sumber dari pemutus tenaga juga sama dengan U_o pada saat terjadi pemutusan. Nilai tegangan ini akan naik mencapai nilai puncak Um bergantung pada karakteristik tegangan pulih transien pada sisi sumber seperti Us pada gambar 6, nilai puncak Um dari tegangan ke bumi dalam frekuensi kerja pada sisi sumber (setelah berakhirnya gejala transien) menjadi:

$Um = U \ p\sqrt{2} = U \ \sqrt{2/3}$

Tegangan pulih transien yang dihasilkan dari gangguan saluran pendek yang dialami pemutus tenaga, besarnya merupakan selisih antara tegangan pada sisi sumber dan tegangan pada sisi saluran $U_s - U_l$ seperti terlihat pada gambar 6.

Catatan :

Dalam kenyataan, kemiringan gigi gergaji berubah beberapa derajat karena waktu tunda mula diakibatkan oleh kumpulan kapasitans (Lumped capacitances) yang terjadi pada terminal-terminal pemutus tenaga (kapasitans dari transformator tegangan, transformator arus dan lain-lain); juga puncak dari osilasi sedikit tumpul.

Bagaimanapun belum ada informasi yang memadai pada saat ini untuk menemukan nilai.

2). Tegangan awal ke tanah

Perbandingan antara tegangan Uo pada saat pemutusan dengan nilai puncak Um hanya tergantung pada pengurangan arus akibat reaktans dari saluran dan tidak tergantung pada tegangan pengenal, arus pemutusan hubung singkat pengenal dan konstanta dari saluran.

Oleh karena itu :

$$\frac{Uo}{Um} = 1 - \frac{I_1}{I}$$

Di mana :

I : arus pemutusan hubung singkat pengenal.

I_1 arus pemutusan gangguan saluran pendek.

Hubungan ini tertera dalam tabel XVI untuk perbandingan standar dari arus gangguan saluran pendek; sebagai perbandingan lainnya dapat dilihat pada gambar 9.

Tabel XXI

Tegangan awal ke tanah dan tegangan puncak pulih transien dari gangguan saluran pendek :

I_1/I	Uo/Um	Um/Um
0,90	0,10	1,36
0,75	0,25	1,30
0,60	0,40	1,24

3). Tegangan transien pada sisi saluran.

Karakteristik sisi saluran telah distandarkan dalam tabel VII. Penyimpangan tenaga sisi saluran U_1 menjadi U_1 dari nilai awal U_o diperoleh dengan mengalikan nilai??? dengan suatu faktor puncak yang sesuai K :

$U_l = K\ U_o$

Waktu tl untuk mencapai tegangan puncak Ul yang pertama diperoleh dari laju kenaikan tegangan transien sisi saluran, sebagai berikut:

Laju kenaikan $\frac{dU_1}{dt}$ dari tegangan sisi saluran pada saat pemutusan arus sebesar

$i = I_1\sqrt{2}\ \sin\ (2\pi ft)$

Pada saat arus nol; maka :

$$\frac{dU_1}{dt} = -\ ZI_1\sqrt{2}.2\pi f = -S.I1$$

di mana :

s = LKTP faktor = $Z\sqrt{2}.f.2\pi f$

Z = impedans Surja Saluran

f = frekuensi pengenal

Hubungan antara nilai S dengan impedans surja yang terdapat pada tabel VII untuk f = 50 HZ dan 60 HZ, diberikan dalam tabel XVII berikut ini :

yang memuncak pada sisi saluran. Untuk menghitung kontribusi U_s sisi sumber pada waktu t_L, pengabaian kesalahan diintrodusir dengan tidak memperhitungkan lekukan-lekukan, tegangan dianggap mengikuti garis tunda lurus; sejajar garis sumbu dengan waktu tunda td. (bandingkan gambar 5 dan 6).

5). Contoh perhitungan

Data-data pemutus tenaga:

U = 245 kV; I = 31,5 kA; f = 50 HZ

Gangguan saluran pendek diperkirakan :

I_L = 0,75 I = 23,6 kA

Tegangan puncak frekuensi kerja (dari persamaan No. 5 U1 dalam tabel VI-C).

$Um = 245\sqrt{2/3} = 200$ kV.

Tegangan Uo ke tanah (dari persamaan No. 6 atau $\frac{U_o}{U_m}$ dalam tabel XVI).

U_o = 0,25 x 200 = 50 kV

Penyimpangan pertama dari tegangan sisi saluran (dari persamaan 7 dan tabel VII):

U_L = 1,7 x 50 = 85 kV.

Waktu tL untuk mencapai puncak pertama dari tegangan sisi saluran (dari persamaan 9 dan tabel XVII).

$$t_L = \frac{85}{0{,}214 \times 23{,}6} = \frac{85}{5{,}05} = 16{,}8 \ \mu s$$

Panjang saluran L ke titik gangguan (dari persamaan 10) :

$$L = \frac{0{,}3 \times 16{,}8}{2} = 2{,}54 \text{ km}$$

Dari data-data di atas; transien awal sisi saluran dapat dibentuk (lihat gambar 6). waktu t1, t2 dan td untuk tegangan sisi sumber dapat diperoleh pada tabel VI-C :

t1 = 300 μs t2 = 900 μs td = 6 μs

laju Kenaikan sisi sumber :

$$\frac{200 - 50}{300} = 0{,}5 \text{ kV}/\mu s$$

kontribusi tegangan sisi sumber pada waktu t_L :

$U_s = (t_L - t_d)\ 0{,}5 = (16{,}8 - 6)\ 0{,}5 = 5{,}4$ kV

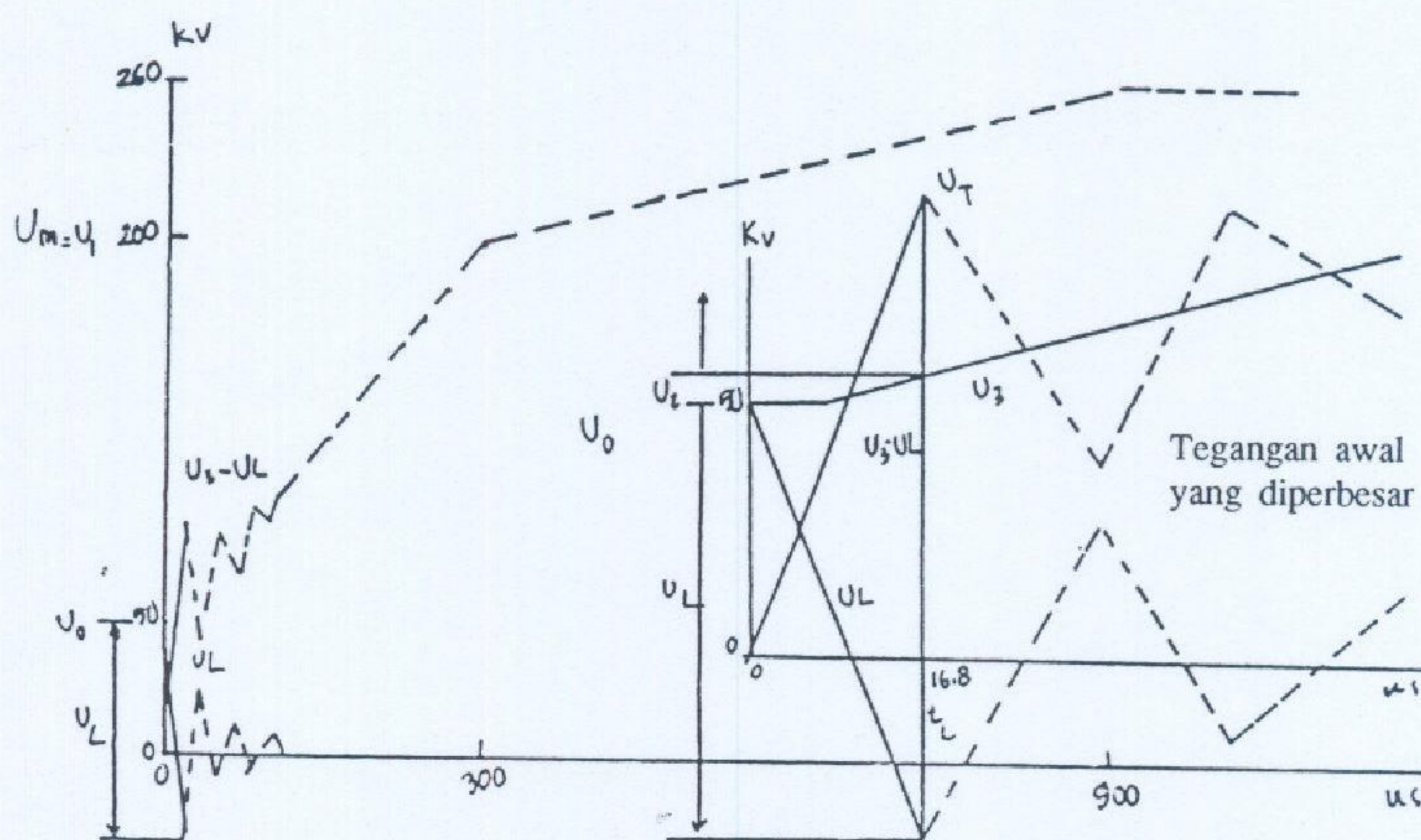
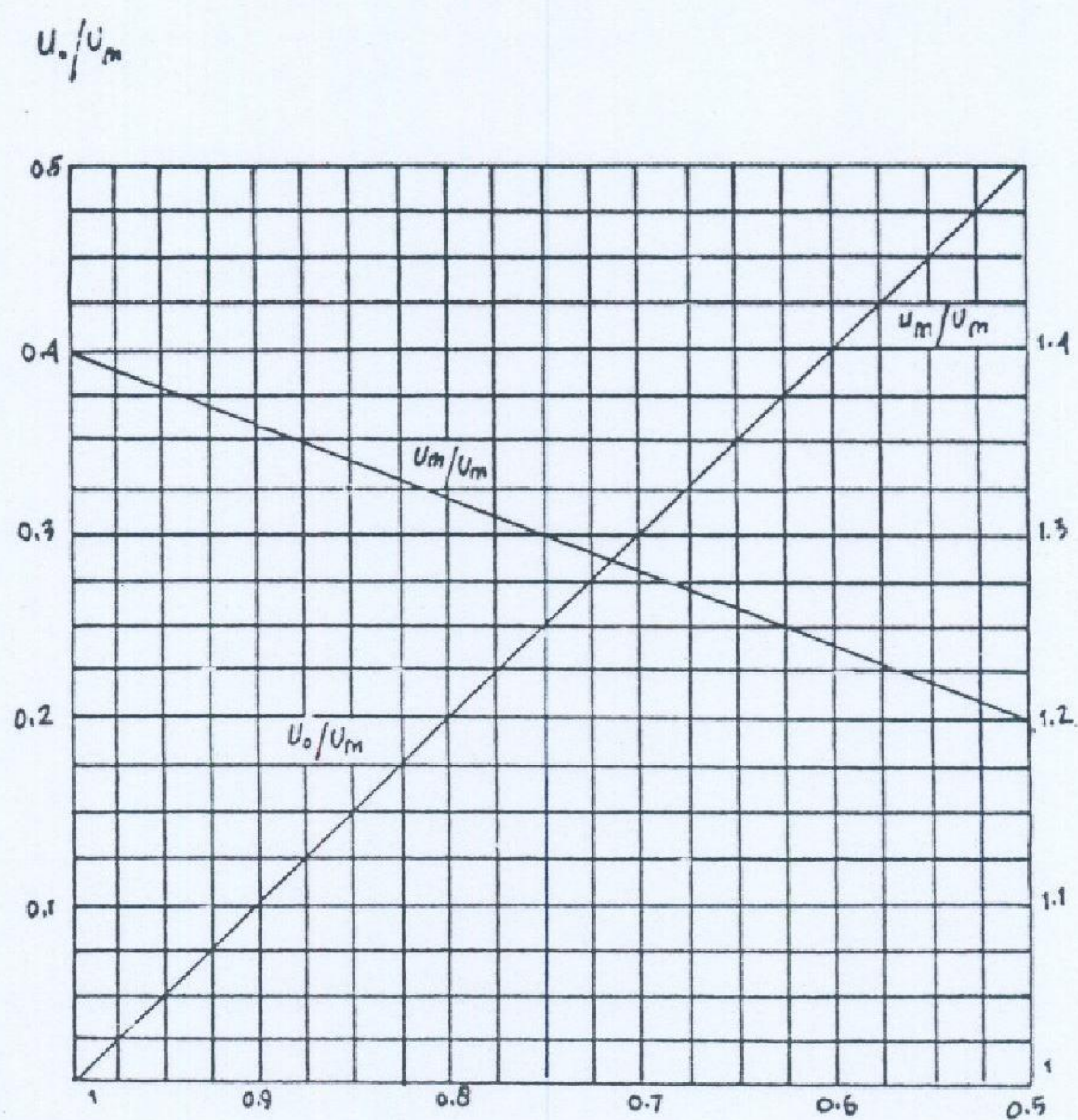
(Bila t_L - t_d, kontribusi tegangan sisi sumber dianggap nol).

tegangan puncak Um pada sisi sumber (dari persamaan 912) atau tabel XVI)

U_m = 1,30 x 200 = 260 kV

Dari data-data di atas, transien sisi sumber dapat dibentuk dan tegangan pulih transien yang diharapkan timbul pada terminal pemutus tenaga U_s - U_L dapat dievaluasi seperti dalam gambar 6.

Nilai U_t pada saat t_L dari puncak pertama sisi saluran adalah :

$U_T = U_L + U_S$ = 90,43 kV

Gambar 8.
Pembentukan TPT untuk gangguan saluran pendek.

Gambar 9
Karakteristik Tegangan Transien pada Sisi Sumber

KEDUA : Ketentuan mengenai penerapan Standar Listrik Indonesia (SLI) sebagaimana dimaksud dalam diktum PERTAMA.Keputusan ini diatur lebih lanjut oleh Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru.

KETIGA : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : J A K A R T A
Pada tanggal : 15 Oktober 1988

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI,

ttd.

GINANDJAR KARTASASMITA

SALINAN Keputusan ini disampaikan kepada Yth :

1. Para Menteri Kabinet Pembangunan V;
2. Ketua Dewan Standardisasi Nasional;
3. Pimpinan Lembaga Pemerintah Non Departemen;
4. Sekretaris Jenderal Departemen Pertambangan dan Energi;
5. Direktur Jenderal Listrik dan Energi Baru;
6. Direktur Utama BUMN di lingkungan Dep. Pertambangan dan Energi;
7. Ketua KADIN;
8. Kepala Biro Pusat Statistik.

LAMPIRAN KEPUTUSAN MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI
NOMOR : 1321 K/09/M.PE/1988
TANGGAL : 15 OKTOBER 1988

NO.	STANDAR - STANDAR KELISTRIKAN	DAFTAR STANDAR LISTRIK INDONESIA (SLI)	
		NAMA SLI	CODE/NOMOR SLI
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Kabel Berisolasi PVC, Tegangan Pengenal 450/750 volt (NYA)	Kawat Berisolasi PVC, Tegangan Pengenal 450/750 volt (NYA)	SLI 058 – 1987 a. 042
2	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)	Kawat Berisolasi dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal 300/500 volt (NYM)	SLI 059 – 1987 a. 043
3	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, tanpa Perisai dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYY/NAYY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, tanpa Perisai dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYY/NAYY)	SLI 060 – 1987 a. 044
4	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Kawat Baja dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYFGB/NYRGBY/ NAYFGBY/NAYRGBY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYFGBY/NYRGBY/ NAYFGBY/NAYRGBY)	SLI 061 – 1987 a. 045
5	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja dengan Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYBY/NAYBY)	Kabel Berisolasi dan Berselubung PVC, Berperisai Pita Baja/Aluminium Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NYBY/NAYBY)	SLI 062 – 1987 a. 046
6	Kabel Pilin Udara Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NFA2X-T/ NFA2X/NF2X/NFY)	Kabel Pilin Udara Tegangan Pengenal 0,6/1 kV (NFA2X-T/NFA2X/NF2X/ NFY)	SLI 063 – 1987 a. 047
7	Kabel Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal di atas 1 kV s/d 30 kV	Kabel Berisolasi XLPE dan Berselubung PVC, Tegangan Pengenal di atas 1 kV s/d 30 kV	SLI 064 – 1987 a. 048

(1)	(2)	(3)	(4)
8	Perisai Kabel Listrik Bagian 1 : Umum Bagian 2 : Kawat baja pipih lapis seng Bagian 3 : Kawat baja bulat lapis seng Bagian 4 : Pita baja lapis seng Bagian 5 : Perisai kabel listrik — Aluminium — Tembaga — B a j a — Baja tahan karat	Perisai Kabel Listrik Bagian 1 : Umum Bagian 2 : Kawat baja pipih lapis seng Bagian 3 : Kawat baja bulat lapis seng Bagian 4 : Pita baja lapis seng Bagian 5 : Perisai kabel listrik — Aluminium — Tembaga — B a j a — Baja tahan karat	SLI 065 – 1987 a. 049
9	Kabel Mobil : Bagian 1 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk instalasi kabel mobil Bagian 2 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk rangkaian netral	Kabel Mobil : Bagian 1 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk instalasi kabel mobil Bagian 2 : Kabel fleksibel ber-isolasi PVC untuk rangkaian netral	SLI 066 – 1987 a. 050
10	Kabel Elektronik : Bagian 1 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 600 volt Suhu Pengenal 105°C (NYAF-R 6/105) Bagian 2 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 1000 volt Suhu Pengenal 90°C (NYAF-R 10/90) Bagian 3 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 300 volt Suhu Pengenal 80°C (NYAF-R 3/80)	Kabel Elektronik : Bagian 1 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 600 volt Suhu Pengenal 105°C (NYAF-R 6/105) Bagian 2 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 1000 volt Suhu Pengenal 90°C (NYAF-R 10/90) Bagian 3 : Kabel berisolasi PVC Tegangan Pengenal 300 volt Suhu Pengenal 80°C (NYAF-R 3/80)	SLI 067 – 1987 a. 051
11	Metode Uji Kawat Kumparan	Metode Uji Kawat Kumparan	SLI 068 – 1987 a. 052

(1)	(2)	(3)	(4)
12	Cara Pengujian untuk Kawat Email Penampang Segi Empat	Cara Pengujian untuk Kawat Email Penampang Segi Empat	SLI 069 – 1987 a. 053
13	Bobbin untuk Kawat Kumparan	Bobbin untuk Kawat Kumparan	SLI 070 – 1987 a. 054
14	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 1 : Umum	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 1 : Umum	SLI 071 – 1987 a. 055
15	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 2 : Sambungan Kabel Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 2 : Sambungan Kabel Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 072 – 1987 a. 056
16	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 3 : Sambungan Kabel dengan Tegangan Pengenal Uo/U = 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 3 : Sambungan Kabel dengan Tegangan Pengenal Uo/U = 0,6/1 kV	SLI 073 – 1987 a. 057
17	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 4 : Terminasi Kabel untuk Pasangan dalam dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 4 : Terminasi Kabel untuk Pasangan dalam dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 074 – 1987 a. 058
18	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 5 : Terminasi Kabel untuk Pasangan luar dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	Lengkapan Kabel dengan Tegangan Pengenal U sampai dengan 30 kV Bagian 5 : Terminasi Kabel untuk Pasangan luar dengan Tegangan Pengenal Uo/U di atas 0,6/1 kV	SLI 075 – 1987 a. 059
19	Transformator Tegangan	Transformator Tegangan	SLI 076 – 1987 a. 060
20	Transformator Arus	Transformator Arus	SLI 077 – 1987 a. 061

21	Keamanan Pemanfaat Listrik Rumah Tangga dan sejenisnya Bagian 2 : Persyaratan khusus untuk lemari pendingin dan pembeku makanan	Keamanan Pemanfaat Listrik Rumah Tangga dan sejenisnya Bagian 2 : Persyaratan khusus untuk lemari pendingin dan pembeku makanan	SLI 078 – 1987 a. 062
22	Frekuensi Standar	Frekuensi Standar	SLI 079 – 1987 a. 014
23	Arus Pengenal Standar	Arus Pengenal Standar	SLI 080 – 1987 a. 015
24	Frekuensi Standar untuk Instalasi Jaringan Kendali terpusat	Frekuensi Standar untuk Instalasi Jaringan Kendali terpusat	SLI 081 – 1987 a. 016
25	Instalasi Rumah/Bangunan Listrik Pedesaan	Instalasi Rumah/Bangunan Listrik Pedesaan	SLI 082 – 1987 a. 017
26	Jaringan Distribusi Listrik Pedesaan	Jaringan Distribusi Listrik Pedesaan	SLI 083 – 1987 a. 018
27	Pemutus Daya arus bolak-balik Tegangan Tinggi Bagian-bagian Nilai Pengenal	Pemutus Daya arus bolak-balik Tegangan Tinggi Bagian-bagian Nilai Pengenal	SLI 084 – 1987 a. 063
28	Uji Isolator Keramik atau Isolator Gelas untuk saluran udara Bertegangan Nominal lebih dari 1000 volt	Uji Isolator Keramik atau Isolator Gelas untuk saluran udara Bertegangan Nominal lebih dari 1000 volt	SLI 085 – 1987 a. 064
29	Dimensi Isolator Tonggak dan Unit Isolator Tonggak Pasangan Dalam dan Luar untuk Sistem dengan Tegangan Nominal lebih dari 1000 V	Dimensi Isolator Tonggak dan Unit Isolator Tonggak Pasangan Dalam dan Luar untuk Sistem dengan Tegangan Nominal lebih dari 1000 V	SLI 086 – 1987 a. 065
30	Pedoman bagi Peralatan Elektro Mekanik untuk Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Bagian 1 : Uraian Rencana dan Kondisi Operasi Instalasi dari Pusat Pembangkit	Pedoman bagi Peralatan Elektro Mekanik untuk Pusat Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) Bagian 1 : Uraian Rencana dan Kondisi Operasi Instalasi dari Pusat Pembangkit	SLI 087 – 1987 a. 066
31	Rencana dan Prosedur Pengambilan Contoh untuk Inspeksi Barang	Rencana dan Prosedur Pengambilan Contoh untuk Inspeksi Barang	SLI 088 – 1987 a. 067

(1)	(2)	(3)	(4)
32	Penandaan Terminal dan Arah Putaran Mesin Berputar	Penandaan Terminal dan Arah Putaran Mesin Berputar	SLI 089 – 1987 / a. 068
33	Pengenal dan Performans	Pengenal dan Performans	SLI 090 – 1987 / a. 069
34	Sistem Energi Surya Fotovoltaik	Sistem Energi Surya Fotovoltaik	SLI 091 – 1987 / a. 070
35	Amandemen SLI 013-1984 mengenai Perlengkapan Hubung Bagi	Amandemen SLI 013-1984 mengenai Perlengkapan Hubung Bagi	Amandemen-1 / SLI 013-84/1987

MENTERI PERTAMBANGAN DAN ENERGI

ttd.

GINANDJAR KARTASASMITA